N° d'ordre : 330

THÈSE

PRÉSENTÉE

A L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX I

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE

DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Michel MARCHAND

L'épuration biologique des eaux résiduaires de papeterie par infiltration dans le sol : modalités, biodégradation des alcali-lignines.

Soutenue le 16 juin 1971, devant la Commission d'Examen :

MM. J. SÉCHET, *Professeur* ..... ***Président.***

J. POCHON, *Chef du Service de Microbiologie du sol à l'Institut Pasteur, Membre correspondant de l'Institut* .....

H. SCHOELLER, *Professeur honoraire* ..... ***Examinateurs.***

J. EYMÉ, *Professeur* .....

J. VINDT, *Professeur, Directeur de l'Unité de Biologie* .....

TABLEAUX ET FIGURES

— 1971 —

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543509_0009

N° d'ordre : 330

THÈSE

PRÉSENTÉE

A L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX I

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE

DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Michel MARCHAND

L'épuration biologique des eaux résiduaires de papeterie par infiltration dans le sol : modalités, biodégradation des alcali-lignines.

Soutenue le 16 juin 1971, devant la Commission d'Examen :

MM. J. SÉCHET, *Professeur* ..... ***Président.***

J. POCHON, *Chef du Service de Microbiologie du sol à l'Institut Pasteur, Membre correspondant de l'Institut* .....

H. SCHOELLER, *Professeur honoraire* ..... ***Examinateurs.***

J. EYMÉ, *Professeur* .....

J. VINDT, *Professeur, Directeur de l'Unité de Biologie* .....

TABLEAUX ET FIGURES

— 1971 —

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

TABLEAUX

Mois / Année	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Total annuel
1959								44 640	69 120	107 440	50 000	30 760	301 960
1960	35 712	42 500	47 730	58 298	47 222	32 150	17 438	0	0	0	0	18 990	300 040
1961	6 420	12 827	22 115	26 490	26 490	38 121	58 171	58 170	88 590	33 795	10 520	7 211	388 920
1962	8 350	13 630	21 990	9 185	115 515	61 300	65 000	52 030	100 800	29 400	30 700	4 200	512 100
1963	800	18 818	9 653	5 267	6 569	11 874	9 068	7 843	7 854	8 327	2 991	1 318	90 382
1964	3 901	3 057	2 088	4 128	3 121	4 614	108 507	57 932	92 283	61 164	23 527	0	364 322
1965	44 832	36 600	0	0	16 800	43 344	30 960	14 832	8 352	17 568	0	0	213 288
1966	0	0	0	0	53 400	118 800	76 560	51 720	35 520	24 696	0	0	360 696
1967	0	0	0	23 832	142 512	142 464	134 424	64 440	134 640	118 776	0	0	761 090
1968	0	0	0	64 776	83 400	54 840	123 000	24 984	82 080	12 384	2 544	0	448 008
1969	0	0	0	0	95 232	32 400	135 048	51 216	113 040	77 040	36 264	0	540 240
1970	0	0	0	115 080	92 352	79 152	107 424	38 232	57 192				

Tableau n° 1 - Débits mensuels, en m3, d'eaux résiduaires éliminées par épandage.

Mois / Année	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Moyenne annuelle
1959								12	14	12,5		12	12,5
1960	12	10	12	14	18	15	14					6	12,5
1961	6	8	9	10	10	9	9	9	7,5	4,5	4	4	7,5
1962	5	6	7	6	6	6,5	5,5	10	10	7,5	6	5,5	6,75
1963	4,5	5,5	6,5	5,5	4,5	5,5	5,5	5,5	4,5	5	5	5	5
1964	5	5	6	7	6	5,5	7	5	7	7	6,5		6
1965	3	4			6	15	20	18	22	35			15,5
1966					15	14	12	15	30	8			15,5
1967				8	8	10	13	8	12	11			10
1968				5	4	4,5	5	5,5	4	4,5	4,5		4,5
1969					3	3	3	4	2	2	3		3
1970				10	6	5	3	6	6				6

Tableau n° 2 : Indices de coloration de l'effluent (moyennes mensuelles) .
Les mesures sont effectuées à la longueur d'onde de 8 500 A

Mois / Année	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Moyenne annuelle
1959								1 741	1 761	1 768		1 755	1 756
1960	1 633	1 262	1 667	1 991	2 490	2 092	1 822					668	1 703
1961	661	1 059	1 086	1 417	1 343	1 174	1 147	1 174	884	550	445	573	960
1962	634	614	891	830	793	837	681	1 344	1 060	870	621	742	826
1963			985	641	622	743	506		365	675	675	769	664
1964	803		666	749	742	840	743	735	689	816	763		755
1965	427	553			743	2 740	2 560	3 324		6 665			2 430
1967							1 688	1 328	1 712	1 704			1 608
1968				620	203	628	680	612	490	536	384		519

Tableau n° 3 : Oxydabilité de l'effluent (moyennes mensuelles exprimées en mg d'O_2/l)

Mois / Année	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Moyenne annuelle
1959												0,415	0,415
1960	0,389	0,345	0,400	0,469	0,642	0,517	0,466					0,218	0,431
1961	0,184	0,294	0,288	0,317	0,322	0,261	0,290	0,322	0,228	0,172	0,177	0,176	0,252
1962	0,169	0,207	0,210	0,190	0,207	0,230	0,217	0,331	0,261	0,208	0,208	0,170	0,217
1963			0,221	0,208	0,188	0,221	0,184		0,158	0,165	0,158	0,160	0,185
1964	0,167		0,181	0,210	0,165	0,172	0,225	0,195	0,188	0,225	0,230		0,196
1965	0,118	0,141			0,179	0,441	0,575	0,578		1,087			0,445
1966					0,421								0,421
1967							0,350	0,266	0,340	0,308			0,316
1968				0,145	0,133	0,167	0,185	0,171	0,135	0,135	0,117		0,148
1969					0,090		0,116	0,137		0,077	0,106		0,105
1970					0,205	0,170	0,127	0,225	0,257				0,197

Tableau n° 4 : Teneur en sodium de l'effluent (moyennes mensuelles exprimées en g par litre)

Mois / Année	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Hauteur d'eau par an
1959									87	149	133	260	
1960	66	106	69	24	114	38	56	114	222	238	212	124	1 383
1961	164	50	0	75	43	56	39	10	35	173	142	98	885
1962	110	62	98	37	76	16	23	12	38	86	106	100	764
1963	43	96	134	46	48	122	52	143	53	80	118	33	968
1964	16	57	58	70	47	23	3	36	33	196	50	116	705
1965	128	13	81	68	24	33	36	60	268	12	219	247	1 189
1966	99	107	29	60	52	93	39	64	77	137	200	219	1 176
1967	56	95	40	67	74	27	34	53	79	146	126	78	875
1968	108	80	40	94	60	39	30	144	162	58	28	156	999
1969	126	70	89	84	104	71	15	27	189	3	179	152	1 109
1970	82	146	55	62	51	72	19	70	22				
Moyenne	92	74	64	63	64	52	33	66	116	113	138	132	1 000

Tableau n° 5 : Hauteurs d'eau mensuelles (exprimées en mm)

Mois / Année	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
1959									19,8	13,8	8,9	8,5
1960	5,6	7	10,7	10,6	15,2	18,2	17,7	18,2	15,2	12,4	10,2	4,2
1961	6,3	9,8	8,7	13,3	13,7	16,2	15,6	14,8	19,1	10,9	5	5
1962	4,2	5,3	6,5	10,5	12,8	16,3	17,3	19,4	16,8	15,6	6,7	3,6
1963	1,8	3,2	9,8	11,2	12,2	16,8	18,7	17,2	16,2	12,8	11,4	3,6
1964	2,6	7,4	8,4	10,4	15,2	16,4	20	19	19,1	11	6,8	4,5
1965	5,4	3	9	10,2	13,4	15,6	17,3	17,9	15	14,5	9,7	8,9
.966	6,6	10,8	6,6	11,7	13,9	16,8	16,8	17,9	17,9	13,7	7,3	8,6
1967	5,2	6,8	8,4	9,6	14	16	19,2	15,4	13,8	15	10,2	4,4
1968	6,4	7,6	7,9	11,4	12,1	16,2	19	18,2	16	15,2	9,8	6,8
1969	7,5	4,2	8,7	11,4	14,5	15,1	19,7	18,3	16,3	14	8,4	4,4
1970	6,3	7,9	6	8,9	13,6	18,2	18,4	19,1	17,7			
Moyenne	5,3	6,6	8,2	10,8	13,7	16,5	18,2	17,8	16,9	13,5	8,6	5,7

Tableau n° 6 : Températures moyennes mensuelles en °C.

Année / Puits	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1967	1968	1er sem. 1970
Effluent					de 9 à 10					
7	6,35	7,40	7,95	7,80	7,00	6,80	6,80	6,80	6,95	6,80
11	6,30	7,25	7,85	7,30	7,30		6,85	7,20	6,50	6,95
18	6,30	6,80	7,50	7,60	7,15	6,70	6,80	7,00	6,85	6,80
21			7,70	7,65	7,30	7,10	6,70	6,80	7,10	
7B			7,05	7,40	7,30	7,30	6,95	6,60	6,50	6,75
7D			6,30	6,70	6,60	6,60	6,55	6,80		
7E				6,20	5,60	6,10	6,25	6,65	6,70	6,70
FF					5,55		5,65			5,90
3B				6,90	6,90	7,30	7,00	6,90	6,65	6,70
3C				6,80	6,65	6,60	6,65	6,85	6,50	6,70
3D				5,50	5,80	6,35	6,55	6,45	6,50	6,55
TD					5,05	4,95	5,65		6,60	6,55
5C				6,80	6,60	6,80	6,75	6,95	6,65	
5D					6,05	6,25	6,50	6,95	7,00	6,80
1D					6,05	6,50	6,45	6,80	6,65	6,85
1E				6,00	5,15	5,50	6,30			
F7				7,35	5,90	5,80	6,15	6,30	6,30	6,60
F8				6,55	5,75	5,95	6,50	6,60	6,50	6,60
2D					5,55	5,65	6,00	6,60	6,15	6,55
2E					5,20	5,55	6,10	6,70	6,50	6,60
F6				6,30	5,55		5,75	6,45	6,10	6,30
3E					5,05	5,30	5,95	6,45	6,50	6,50
4E							5,70	6,20	6,25	6,55
F3				6,75	6,35		6,40		6,40	6,50
F4				7,15	5,90		6,10		6,10	6,50
F5				7,25	6,90		6,70			6,80
9C				7,00	6,90	7,00	6,80			

Tableau n° 7 : Variations de pH dans les eaux des différents puits (moyennes annuelles)

Année / Puits	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1967	1968	1er sem. 1970
Effluent	12,5	12,5	7,5	6,75	5	6	15,5	10	4,5	7
7	13,5	12	7,5		7	10	9	19,5	8,5	10
11	12	9	6		6		16	12	7,5	11
18	22,5	14,75	11,5		7	6	8	18	12	9
21			14		10	8	12	25,5	8,5	
7B					7	5,5	6	34	15,5	11,5
7D			1,5		26	13,5	7,5	18		
7E					3,5	8	8,5	13,5	7	8
FF					0,5		0,5			0,75
3B					11	7,5	5,5	13	15,5	13
3C					27	19	15,5	6	9	14,5
3D					22	24	19,5	5,5	9,5	9,5
TD					0	1	4,5		18	10
5C					20,5	9,5	7	10	9	
5D					22	20	12,5	5	6,5	10,5
1D					21	12,5	8	6,5	5,5	10,5
1E					2,5	5	9,5			
F7					3,5	0,5	5	9,5	6	4
F8					10	12	7,5	9	8	11,5
2D					2,5	5	5	7,5	4	8
2E					2	5	8	3,5	3,5	12
F6					2	3,5	1,5	6	0,5	1,5
3E					1,5	4	6	7	4	7
4E							2,5	6	3,5	4,5
F3					15,5		7		16,5	19
F4					4		2		2	8,5
F5					8		8,5			7,5
9C					8	12	6,5			

Tableau n° 8 : Variations de la coloration des eaux prélevées dans les différents puits (moyennes annuelles). Mesures à la longueur d'onde de 8 500 A.

Année / Puits	1961	1962	1963	1964	1965	1967	1er sem. 1970
Effluent	960	826	664	755	2 430	1 608	
7	745	524	352	399	411	627	231
11	685	441	336		759	459	312
18	693	491	411	281	388	756	240
21	588	551	527	337	481	1 140	
7B	1 193	983	441	367	319	1 055	420
7D		680	788	454	414	770	
7E		100	110	244	332	525	332
FF					12		10
3B		1 012	679	440	322	440	536
3C		1 087	930	649	500	257	540
3D		55	790	570	540	112	298
TD		12	17	45	138		210
5C		1 073	955	512	229	237	
5D		156	700	591	266		357
1D		492	720	494	320	169	452
1E		14	130	180	363		
F7		400	106	23	140	221	87
F8		185	227	305	253	218	318
2D		22	112	163	185	190	188
2E		20	82	179	250	72	219
F6		49	80	111	38	114	26
3E			80	160	224	112	184
4E					116	130	95
F3		458	400		303		386
F4		330	56		60		138
F5		637	220		273		235
9C		1 207	598	380	347		

Tableau n° 9 : Oxydabilité des eaux des différents puits (moyennes annuelles exprimées en mg d'O_2/l)

Année / Puits	1961	1962	1963	1964	1965	1er sem. 1970
Effluent	4,70	2,90	2,60	3,00	3,00	2,90
7		4,10	3,50	5,70	3,00	2,10
18	8,80	3,60	3,50	3,50	3,20	2,40
21	6,95	4,30	3,40	3,70	3,40	
7B	8,00	5,50	2,80	3,20	3,30	5,00
7D	2,50	5,00	3,60	4,65	3,50	
7E		1,10	2,70	4,25	3,20	3,10
FF			0,25		0,70	0,40
3B		7,10	6,25	4,00	3,40	4,90
3C		7,00	6,70	6,40	4,50	5,70
3D		1,00	5,60	5,70	5,20	3,20
TD		0,30	1,60	0,60	1,70	2,80
5C		8,20	6,20	5,60	3,90	
5D		1,20	4,30	5,40	3,90	2,80
1D		4,60	5,00	5,70	3,60	3,60
1E		0,40	1,30	2,10	3,20	
F7		3,40	1,00	0,50	1,20	1,60
F8		1,70	3,30	3,50	4,35	3,35
2D		0,60	1,50	2,10	2,60	2,80
2E		0,60	1,10	2,25	3,00	2,50
F6		0,65	1,70	1,70	0,70	0,30
3E			1,00	1,80	2,70	2,20
4E					1,60	1,80
F3		2,60	3,20		2,50	4,30
F4		1,20	0,85		0,75	1,80
F5		3,10	2,90		3,20	2,50
9C		6,75	5,00	3,80	3,70	

Tableau n° 10 : Variations de la teneur en azote dans les eaux des différents puits (moyennes annuelles exprimées en mg par litre)

Puits \ Année	1964	1965
Effluent	0,196	0,445
7	0,171	0,152
18	0,168	0,168
21	0,194	0,159
7B	0,210	0,173
7D	0,197	0,214
7E	0,104	0,100
FF		0,017
3B	0,262	0,246
3C	0,324	0,240
3D	0,199	0,210
TD	0,019	0,036
5C	0,212	0,156
5D	0,216	0,164
1D	0,169	0,158
1E	0,041	0,111
F7	0,027	0,052
F8	0,096	0,094
2D	0,050	0,063
2E	0,046	0,064
F6	0,040	0,029
3E	0,031	0,050
4E	0,024	
F3		0,131
F4		0,029
F5		0,138
9C	0,219	0,164

Tableau n° 11 : Variations de la teneur en sodium en 1964 et 1965 (moyennes annuelles exprimées en g par litre)

	Durée en semaine / Niveau de prélèvement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Effluent	10 à 11									
Terre arable	A			8,60	9,60	9,60	9,30	9,40	9,30	9,20	9,30
	B			7,30		9,10	9,10	9,10	9,10	9,00	8,80
	C			6,90	7,20	8,40	8,60		8,90	8,80	
	D			6,60	7,10	7,40	7,80	7,80	8,30	8,50	
Sable	E	4,80	6,80	6,40	6,80	7,20	7,50	7,60	7,70	7,60	
"Alios noir"	F	4,80	6,40	6,30	6,80	7,10	7,30	7,40	7,50	7,30	
	G		6,10	6,20	6,50	6,80	7,00	7,20	7,20	7,10	
"Alios jaune"	H		5,90	6,20	6,40	6,70	7,00	7,00	7,20	7,00	
	I		5,80	6,30	6,40	6,70	6,90	7,10	7,20	7,00	7,00
Sable	J	5,70	5,80	6,20	6,40	6,60	6,80	6,90	6,90	6,80	6,90
	K	6,70	5,80	6,20	6,40	6,60	6,80	6,90	6,90	6,80	6,90
	L	7,00	5,50	6,10	6,40	6,60	6,70	6,80	6,90	6,80	6,80
	M	7,40	5,50	6,10	6,30	6,50	6,70	6,80	6,90	6,80	6,80
	N	7,20	5,50	6,00	6,20	6,50	6,60	6,70	6,80	6,70	6,70
	O	7,30	5,50	5,90	6,20	6,50	6,60	6,70	6,70	6,70	6,70
	P	7,80	5,50	5,90	6,10	6,40	6,60	6,70	6,70	6,70	6,60
	Q	8,00	5,70	5,80	6,10	6,30	6,50	6,60	6,60	6,60	6,70
	R	7,80	6,40	6,50	6,40	6,70	6,80	7,05	7,00	7,10	7,25

Apparition de germes sulfato-réducteurs à la 4ème semaine

Tableau n° 12 : Dispositif expérimental d'infiltration. Variation de pH des eaux prélevées aux différents niveaux en fonction du temps (moyennes hebdomadaires)

Niveau de prélèvement \ Durée en semaine		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effluent		11 à 12									
Terre arable	A				7,5	7,5	7	10	7,5	6,5	
	B					8	7,5	6,5	7,5	6,5	7,5
	C			18		14	11,5		9	11,5	
	D			19	17	15	14	10	11	15	
Sable	E			20,5	17	15	11	12	11,5	12	
"Alios noir"	F			25	16	14	13	10,5	10	15	
	G			38,5	33	28	25	25	25,5	35	
"Alios jaune"	H			45	33,5	29	22,5	26,5	25	38,5	
	I			46,5	31	27	23,5	24	22,5	32,5	31,5
Sable	J			46,5	31	30,5	28	27	24	33,5	30,5
	K			46,5	30,5	31,5	30,5	27,5	24,5	33	31
	L		21	42	33,5	32	31,5	28,5	24	32,5	33,5
	M		20	39	34	32	33	33,5	24	32	33
	N	3	19	35	35	33	32,5	32	24	32	35
	O	3	17	32	34,5	33	32,5	32,5	30	32,5	38
	P	2,5	16	29	35	33	29	32,5	30	31,5	39
	Q	0,5	17	30,5	35,5	32	28,5	33	28,5	32	37
	R	1	12	30	39,5	29	28	31,5	29	32	37

Apparition de germes sulfato-réducteurs à la 4ème semaine

Tableau n° 13 : Dispositif expérimental d'infiltration. Variations de coloration des eaux prélevées aux différents niveaux en fonction du temps (moyennes hebdomadaires)

Année / Puits	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1967	1968	1er sem. 1970
7	29.10^4	13.10^6	43.10^6	$37,5.10^4$	$8,4.10^6$	$17,6.10^6$	14.10^6	-	14.10^4	$52,5.10^4$
18	15.10^4	$76,4.10^6$	$16,8.10^6$	6.10^6	17.10^4	88.10^4	$26,25.10^6$	4.10^4	40.10^4	$42,5.10^4$
21				55.10^4	11.10^4	47.10^4	$2,23.10^6$		8.10^4	
7B			3.10^6	34.10^3	9.10^3	17.10^3	16.10^3	40.10^4	$10,5.10^4$	12.10^4
7D					8.10^3	8.10^3	$2,5.10^3$			
7E					2.10^3	18.10^3	$8,7.10^3$		$10,5.10^4$	12.10^4
FF					$4,5.10^2$		$14,5.10^2$			$6,5.10^2$
3B				$8,7.10^3$	$3,8.10^3$	20.10^3	$11,4.10^4$		42.10^3	$7,5.10^3$
3C				17.10^2	41.10^2	32.10^2	42.10^3		70.10^2	$32,5.10^2$
3D					19.10^3	42.10^3	17.10^3		47.10^3	$6,5.10^3$
TD					29.10^3		$4,2.10^3$		30.10^3	25.10^3
5C				29.10^3	18.10^3	18.10^3	$11,2.10^4$		13.10^3	
5D					$7,2.10^3$	31.10^3	8.10^3		$6,5.10^3$	$2,5.10^3$
1D					$9,5.10^3$	2.10^3	12.10^3		2.10^3	$3,5.10^3$
1E					$5,6.10^3$	$5,8.10^2$	$7,7.10^2$			
F7				$3,5.10^3$	10^4		12.10^4		8.10^3	9.10^3
F8				7.10^3	24.10^3	$1,4.10^3$	5.10^4		8.10^3	$5,5.10^3$
2D					$2,1.10^3$	$2,7.10^3$	$3,2.10^3$		6.10^2	$3,15.10^3$
2E					$2,1.10^3$	$7,3.10^2$	9.10^2		8.10^2	$16,5.10^2$
F6				$2,8.10^3$	$1,4.10^3$	$2,4.10^3$	$3,5.10^3$		$1,3.10^3$	$3,5.10^2$
3E					$7,5.10^2$	$3,7.10^2$	$7,5.10^2$		12.10^2	$7,5.10^2$
4E							$7,6.10^2$		25.10^2	3.10^2
F3				8.10^2	$2,25.10^6$		9.10^4		35.10^4	$9,5.10^4$
F4				$4,5.10^2$	4.10^3		6.10^3		8.10^3	20.10^3
F5				13.10^3	$1,2.10^6$		31.10^4			36.10^3
9C				3.10^4	$17,5.10^4$	8.10^3	9.10^4			

Tableau n° 14 : Variations de la microflore totale dans les eaux des différents puits (moyennes annuelles)

Année / Puits	1961	1963	1964	1965
7	130	20	70	68
11	250	112	-	40
18	1 120	25	38	132
21	-	26	25	52
7B	-	8	6	30
7D	-	2	3	3
7E	-	0	0	4
FF	-	0	0	0
3B	-	10	10	25
3C	-	2	3	15
3D	-	2	3	6
TD	-	0	0	1
5C	-	4	10	32
5D	-	3	3	-
1D	-	-	3	5
1E	-	0	0	2
2D	-	0	0	2
2E	-	0	0	1
3E	-	0	1	2
4E	-	0	0	1
9C	-	17	5	6

Tableau n° 15 : Moyennes annuelles de germes sulfato-réducteurs

D.C.O. en mg d'O_2/l				
Inférieure à 100	100 à 250	300 à 450	500 à 750	Supérieure à 1 000
Sarcina lutea 2E c67	*Sarcina lutea* 1E b64	*Micrococcus sp.* 18 g65	*Micrococcus freudenreichi* 3C b64	*Empedobacter sp.* 7B b67
Micrococcus flavus 2E b67	*Micrococcus flavus* 2E b64	*Ps.oleovorans* 18 b64	*M. candidus* 3C a64, 3D a65	*Bacillus sp.* 7B f67
B.cereus var.mycoides 2E a67	*Ps. putida* 2E a64	*Flavobacterium sp.* 18 j65	*M. varians* 3D b65, 18 f67	*B. subtilis* 7B a67
B.licheniformis 2E d67	*Achromobacter sp.* 3E a65	*Empedobacter dormitator* 18 f65	*Achromobacter sp.* 5C c64	*B. cereus* 7B c67
	Aeromonas sp. 1E a64	*Aeromonas liquefaciens* 18 a65	*A. iophagus* 3D d65	*B. alvei* 7B e67
	Paracolobactrum aerogenoides 2D a64	*Brevibacterium sp.* 18 d64	*Acin. candicans* 5C d64	*Rh.mucilaginosa* 7B d67
	Bacterium sp. 3E b65	*Nocardia sp.* 18 i65	*Acin.viscolactis* 18 a67	
	B.megaterium 2D b64	*N. corallina* 18 h65	*Aeromonas liquefaciens* 18 b67	
		Micrococcus rhodocrous 18 d65	*Paracolobactrum aerogenoides* 5C a64	
		Rh.mucilaginosa 18 c64	*Brevibacterium sp.* 18 h67	
		Torula sp. 18 b65	*Microcyclus aquaticus* 3D f65	
			B. subtilis 18 g67	
			B. megaterium 18 c67	
			B. cereus 18 d67	
			B.licheniformis 3D c65, 18 e67	
			B. pumilus 3D e65	
			Rh.mucilaginosa 5C b64, 18 i67	
			Torula sp. 18 j67	

Tableau n° 16 : Répartition des espèces en fonction de la demande chimique en oxygène des eaux.

Souches	pH	Coloration à 5 500 Å			Oxydabilité			
		Surnageant		Culot	totale		Alcali-lignines	
		mesure	% réduct.	mesure	mg d'O_2/l	% réduct.	mg d'O_2/l	% réduct.
Témoin	7,00	53	0	0	2 840	0	275	0
2E a67	6,70	53	0	0	2 800	1,4	265	3,6
2E b67	6,95	54	0	0	2 800	1,4	268	2,5
3D d65	6,90	53	0	0	2 800	1,4	275	0
3D e65	6,85	51	3,8	2	2 570	9,5	265	3,6
3D f65	6,55	53	0	0	2 800	1,4	262	4,7
3E a65	6,80	53	0	0	2 765	2,6	290	0
3E b65	6,80	54	0	0	2 240	21,1	210	23,6
7B a67	6,90	56	0	0	742	73,9	290	0
7B b67	6,50	Trouble			1 010	64,4	275	0
7B c67	6,55	55	0	0	850	70,1	280	0
7B e67	6,80	61	0	0	2 815	0,9	260	5,5
7B f67	7,00	53	0	0	755	73,4	270	1,8
18 a67	6,35	47	11,3	0	340	88	188	31,6
18 c67	6,80	54	0	0	2 575	9,3	240	12,7
18 h67	6,95	53	0	0	2 480	12,7	255	7,2
Témoin	6,95	54	0	0	2 767	0	310	0
18 a63	6,35	45	16,7	7	937	66,1	280	9,7
18 b63	6,35	27	50	25	1 851	33,1	200	35,5
18 c63	6,90	55	0	0	2 112	23,7	310	0
18 c64	6,75	51	5,6	2	2 233	19,3	299	3,5
18 d63	6,85	54	0	0	1 934	30,1	320	0
18 e63	7,00	56	0	0	1 815	34,4	310	0
21 b63	6,50	48	12,5	5	910	67,1	278	10,3

Tableau n° 17 : Cultures aérées de 7 jours sur milieu tamponné à 5 ‰ de glucose et à 2 ‰ d'azote.

Souches	pH	Coloration à 5 500 Å			Oxydabilité			
		Surnageant		Culot	Totale		Alcali-lignines	
		mesure	% réduct.	mesure	mg d'O_2/l	% réduct.	mg d'O_2/l	% réduct.
Témoin	7,00	53	0	0	2 840	0	275	0
1E a64	6,05	57	0	0	1 430	49,6	242	12
1E b64	6,00	54	0	0	1 640	42,3	245	10,9
2D a64	6,80	55	0	0	800	71,8	285	0
2E a64	6,10	32	39,6	12	1 570	44,7	30	89
3C a64	6,95	58	0	0	2 370	16,5	210	23,6
3D b65	6,60	53	0	0	2 450	13,7	270	1,8
3D c65	6,90	57	0	0	2 280	19,7	260	5,5
5C c64	7,00	52	1,9	0	2 055	27,6	190	30,9
5C d64	6,85	58	0	0	2 800	1,4	275	0
7D b63	6,35	53	0	0	2 190	22,9	260	5,5
18 b64	6,30	55	0	0	910	68	210	23,6
18 d64	6,70	52	1,9	0	2 650	2,7	275	0
18 c65	7,00	54	0	0	870	69,4	265	3,6
18 d65	6,75	54	0	0	2 645	6,9	265	3,6
18 e65	6,95	53	0	0	2 700	4,9	265	3,6
18 f65	6,30	28	47,1	19	327	88,5	65	76,4
18 g65	6,60	52	1,9	0	2 670	6	275	0
18 h65	6,30	49	7,5	4	1 385	51,2	188	31,6
18 i65	7,00	52	1,9	0	2 630	7,4	250	9,1
18 j65	6,90	54	0	0	2 655	6,5	275	0

Tableau n° 18 : Cultures aérées sur milieu tamponné à 5 ‰ de glucose et à 2 ‰ d'azote (incubation 7 jours).

Souches	pH	Coloration à 5 500 Å			Oxydabilité			
		Surnageant		Culot	Totale		Alcali-lignines	
		mesure	%réduct.	mesure	mg d'O_2/l	% réduct.	mg d'O_2/l	% réduct.
Témoin	7,00	61	0	0	1 990	0	305	0
1E a64	7,05	60	1,6	0	1 990	0	305	0
1E b64	6,85	57	6,5	2	1 830	8	305	0
2E a64	7,05	28	54	27	312	83,9	43	85,9
3C a64	7,00	61	0	0	1 907	4,2	285	6,6
3D b65	7,00	11	82	40	1 597	19,7	16,5	94,4
3D c65	7,15	61	0	0	1 965	1,2	268	12,1
3D e65	7,00	61	0	0	1 965	1,2	293	3,9
3D f65	7,00	59	3,2	0	1 955	1,8	305	0
3E b65	7,00	59	3,2	1	1 825	8,3	305	0
5C c64	6,80	54	11,4	5	1 645	17,3	278	8,9
7D b63	7,10	60	1,6	0	1 860	6,5	288	5,6
18 b64	7,00	61	0	0	1 940	2,5	290	4,9
18 c65	6,85	60	1,6	0	1 880	5,5	295	3,3
18 d65	7,05	60	1,6	0	1 885	5,3	278	8,9
18 e65	6,95	59	3,2	1	1 925	3,3	295	3,3
18 f65	7,05	56	8,1	4	890	55	258	15,4
18 h65	6,95	52	14,7	8	762	61,7	270	11,4
18 i65	7,25	58	4,9	0	1 920	3,5	292	4,1

Tableau n° 19 : Cultures de 7 jours sur milieu aéré, tamponné à 2,5 ‰ de glucose et à 2 ‰ d'azote.

Souches	pH	Coloration à 5 500 Å			Oxydabilité			
		Surnageant		Culot	Totale		Alcali-lignines	
		mesure	% réduct.	mesure	mg d'O_2/l	% réduct.	mg d'O_2/l	% réduct
Témoin	7,00	61	0	0	1 990	0	305	0
2E a67	7,00	60	1,6	0	1 830	8	280	8,2
2E b67	7,05	61	0	0	1 980	0,5	300	1,6
7B e67	6,95	58	4,9	0	1 940	2,5	295	3,3
7B f67	7,15	58	4,9	0	615	68,8	280	8,2
18 a67	6,65	57	6,5	2	390	80,4	200	34,4
18 c67	7,00	58	4,9	2	1 960	1,5	305	0
18 h67	6,85	56	8,1	2	465	76,3	255	16,4
Témoin	7,70	42	0	0	1 571	0	220	0
18 a63	7,20	45	0	0	364	76,8	220	0
18 b63	7,00	15	64,3	25	270	82,8	115	47,7
18 c64	6,40	40	4,8	1	914	41,8	200	9,1
21 b63	6,60	35	16,7	5	410	73,9	190	13,6

Tableau n° 20 : Cultures aérées de 7 jours sur milieu tamponné à 2,5 ‰ de glucose et à 2 ‰ d'azote.

Souches	pH	Coloration à 5 500 Å			Oxydabilité			
		Surnageant		Culot	Totale		Alcali-lignines	
		mesure	% réduct.	mesure	mg d'O_2/l	% réduct.	mg d'O_2/l	% réduct.
Témoin	7,30	58	0	0	922	0	300	0
2E a64	7,60	43	26	7	387	58	245	18,3
2E b67	7,30	57	1,7	0	900	2,4	300	0
3D b65	7,20	55	5,1	2	900	2,4	300	0
5C c64	7,30	56	3,4	1	825	10,5	300	0
18 a67	7,70	55	5,1	0	400	56,6	260	13,3
18 f65	7,40	57	1,7	1	502	45,5	250	16,6
18 h65	7,85	54	6,9	3	412	55,3	265	11,6
18 h67	7,40	55	5,1	2	422	54,2	300	0
18 i65	7,50	57	1,7	0	787	14,6	290	3,3
Témoin	7,10	44	0	0	880	0	270	0
18 b63	7,00	22	50	16	230	73,9	124	54,1
18 c64	7,00	40	9,1	3	355	59,7	253	6,3
21 b63	6,80	39	11,3	5	312	64,5	234	13,3

Tableau n° 21 : Cultures aérées de 7 jours sur milieu tamponné à 1 ‰ de glucose et à 2 ‰ d'azote.

Souches	pH	Coloration à 5 500 Å			Oxydabilité	
		Surnageant		Culot	Alcali-lignines	
		mesure	% réduct.	mesure	mg d'O_2/l	% réduct.
Témoin	6,80	65	0	0	370	0
2E a64	6,85	49	24,4	9	308	16,8
18 a67	6,85	65	0	0	363	1,9
18 f65	6,85	64	1,5	2	340	8,1
18 h65	6,70	60,5	6,9	3	350	5,4
18 i65	6,85	65	0	0	330	10,8
Témoin	7,70	46	0	0	238	0
18 b63	7,35	28	39,1	15	220	7,5
18 c64	7,70	45	2,2	0	240	0
21 b63	7,60	42	8,7	4	230	3,3

Tableau n° 22 : Cultures aérées de 45 jours en absence de glucose (N 2 ‰)

Souches	pH	Coloration à 5 500 Å			Oxydabilité	
		Surnageant		Culot	Alcali-lignines	
		mesure	% réduct.	mesure	mg d'O_2/l	% réduct.
Témoin	6,75	47	0	0	300	0
2E a64	6,65	46	2,1	2	295	1,7
18 a67	6,80	45,5	3,2	4	315	0
18 f65	6,70	48	0	0	298	0,7
18 h65	6,70	49	0	1	318	0
18 i65	6,75	46	2,1	2	290	3,3
Témoin	6,90	52	0	0	248	0
18 b63	6,70	48	7,7	3	240	3,2
18 c64	6,95	52	0	0	250	0
21 b63	6,85	53	0	0	250	0

Tableau n° 23 : Cultures aérées de 45 jours en absence de glucose (N_2 g) sur lignines extraites de liqueurs noires du lessiveur.

Souches	pH	Coloration à 8 500 Å			Oxydabilité	
		Surnageant		Culot	Alcali-lignines	
		mesure	% réduct.	mesure	mg d'O_2/l	% réduct.
Témoin	7,00	22,5	0	0	450	0
Ps. geniculata *Torula sp.*	7,05	23	0	0	450	0
Ps. geniculata *A. viscolactis*	7,05	22	2,2	0	447	0,7
Ps. geniculata *Ps. putida*	7,05	18	20	4,5	380	15,6
Ps. geniculata *N. corallina*	7,00	23	0	0	432	4
Ps. geniculata *Nocardia sp.*	6,95	18	20	4	405	10
Ps. geniculata *E. dormitator*	7,10	15,25	32,2	5	300	33,3
Torula sp. *A. viscolactis*	7,05	15,5	31,1	2,5	412	8,4
Torula sp. *Ps. putida*	7,00	23	0	0	450	0
Torula sp. *N. corallina*	7,10	22,5	0	0	450	0
Torula sp. *Nocardia sp.*	7,05	22	2,2	1	445	1
Torula sp. *E. dormitator*	7,05	20	11,1	3	440	2,2
A. viscolactis *Ps. putida*	7,10	16,5	26,6	4	420	6,7
A. viscolactis *N. corallina*	7,05	20	11,1	2	440	2,2
A. viscolactis *Nocardia sp.*	7,00	21	6,6	2	442	1,8
A. viscolactis *E. dormitator*	7,05	22	2,2	0	445	1
Ps. putida *N. corallina*	6,90	23	0	0	448	0,5
Ps. putida *Nocardia sp.*	6,85	17	24,4	3	412	8,4
Ps. putida *E. dormitator*	6,95	17	24,4	3,5	432	4
N. corallina *Nocardia sp.*	7,05	23	0	0	437	2,9
N. corallina *E. dormitator*	7,00	23	0	0	432	4
Nocardia sp. *E. dormitator*	7,00	22	2,2	0	450	0

Tableau n° 24 : Souches associées : cultures aérées de 35 jours, sur milieu sans glucose (N 2 ‰).

Souches	pH	Coloration à 8 500 Å			Oxydabilité	
		Surnageant		Culot	Alcali-lignines	
		mesure	% réduct.	mesure	mg d'O_2/l	% réduct.
Témoin	7,00	22,5	0	0	450	0
Torula sp.	7,00	18	20	5	435	3,3
A. viscolactis	7,00	16,5	26,6	4	432	4
N. corallina	7,00	17,25	23,3	5	375	16,7
Nocardia sp.	7,00	16,5	26,6	3,5	410	8,9
E. dormitator	7,00	15,25	32,2	4,5	383	14,9
Torula sp. *A. viscolactis*	7,00	16	28,8	2	415	7,8
Torula sp. *N. corallina*	7,05	16,5	26,6	4	400	11,1
Torula sp. *Nocardia sp.*	7,00	15	33,3	3,5	412	8,4
Torula sp. *E. dormitator*	7,00	16,5	26,6	2	428	4,9
A. viscolactis *N. corallina*	7,00	16	28,8	4	412	8,4
A. viscolactis *Nocardia sp.*	7,00	16	28,8	4	410	8,9
A. viscolactis *E. dormitator*	7,00	15	33,3	4	383	14,9
N. corallina *Nocardia sp.*	7,15	17	24,4	6	425	5,6
N. corallina *E. dormitator*	7,05	19,5	13,3	6,5	352	21,8
Nocardia sp. *E. dormitator*	7,10	19,5	13,3	5	370	17,8

Tableau n° 25 : Cultures aérées de 35 jours sur milieu sans glucose (N 2 ‰), à ces cultures ont été ajoutés :

- *Pseudomonas geniculata* le 7ème jour
- *Pseudomonas putida* le 22ème jour

Souches	pH	Coloration à 8 500 Å			Oxydabilité	
		Surnageant		Culot	Alcali-lignines	
		mesure	% réduct.	mesure	mg d'O_2/l	% réduct.
Témoin	7,00	22,5	0	0	450	0
Torula sp. *A. viscolactis* *N. corallina*	7,00	21	6,6	3	440	2,2
Torula sp. *A. viscolactis* *Nocardia sp.*	6,95	20,5	8,9	3,5	415	7,8
Torula sp. *A. viscolactis* *E. dormitator*	7,00	16,5	26,6	3,5	430	4,4
Torula sp. *N. corallina* *Nocardia sp.*	7,00	16	28,8	8	435	3,3
Torula sp. *N. corallina* *E. dormitator*	7,05	14,5	35,5	3,5	390	13,3
Torula sp. *Nocardia sp.* *E. dormitator*	7,05	21	6,6	5	425	5,6
N. corallina *Nocardia sp.* *A. viscolactis*	7,10	15,5	31,1	10	365	18,9
N. corallina *Nocardia sp.* *E. dormitator*	7,10	14,5	35,5	9	368	18,2
N. corallina *E. dormitator* *A. viscolactis*	7,10	20	11,1	6	380	15,6
Nocardia sp. *E. dormitator* *A. viscolactis*	7,00	16,5	26,6	6	368	18,2

Tableau n° 26 : Cultures aérées de 35 jours sur milieu sans glucose ($N\ 2_{\%_o}$), à ces cultures ont été ajoutés :

- *Pseudomonas geniculata* le 7ème jour
- *Pseudomonas putida* le 22ème jour

FIGURES

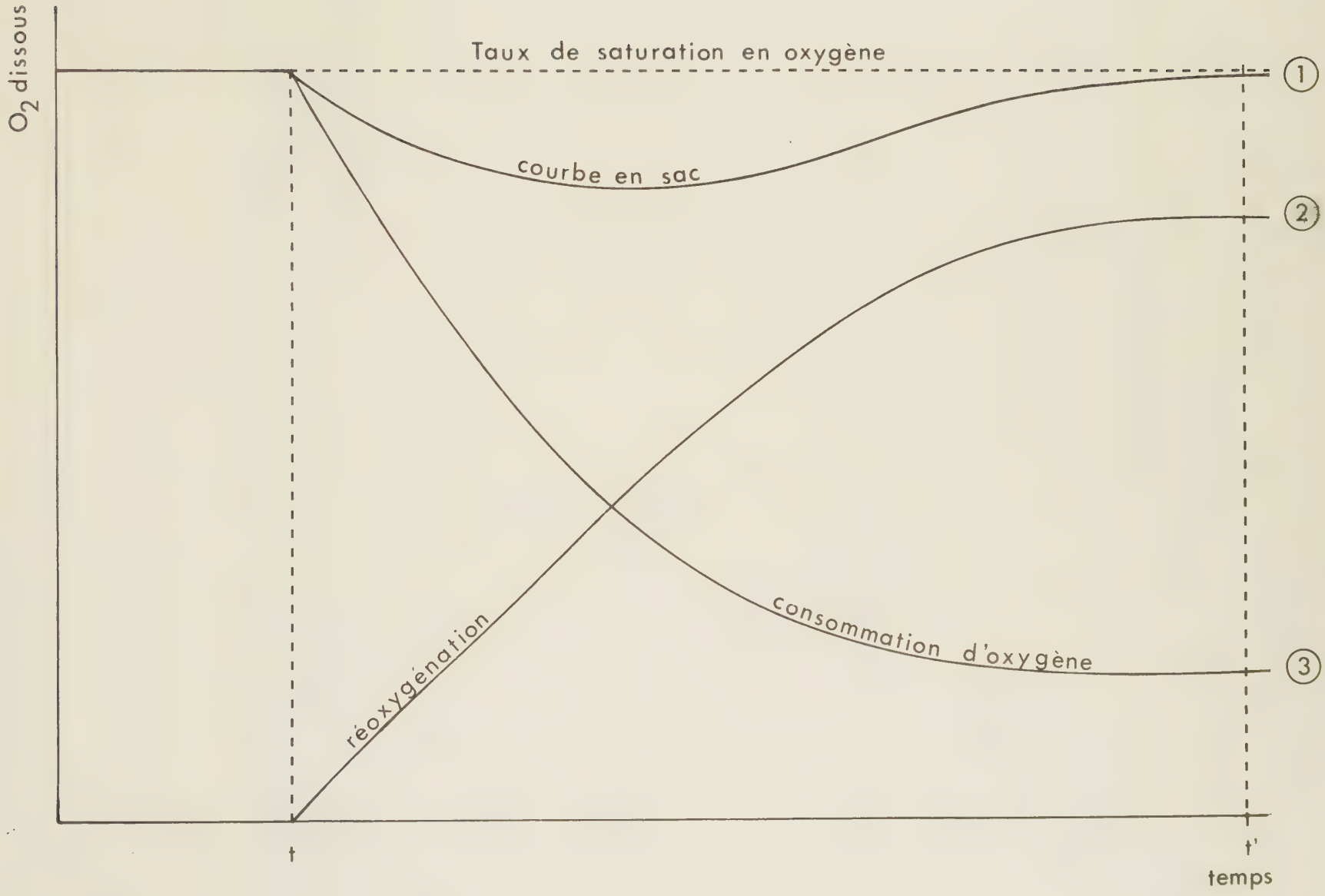
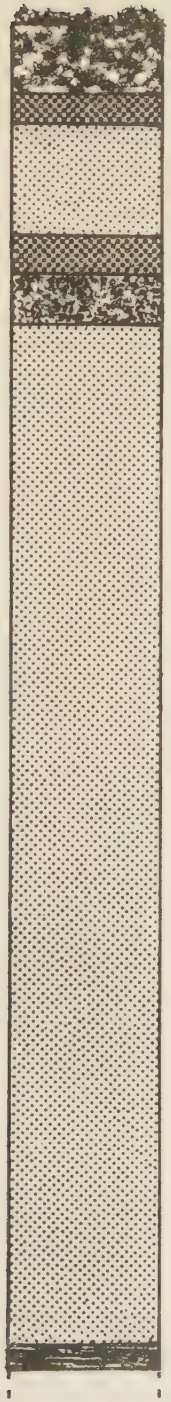


Figure 1 - Pouvoir auto-épurant d'une rivière.



→ horizon A_0 d'accumulation

→ horizon A_1 humifère

→ horizon éluvial A_2 : sable

→ horizon illuvial B_1 : accumulation d'humus ("alios noir")

→ horizon illuvial B_2 : accumulation de fer ("alios jaune")

→ horizon C : sable

→ couche argileuse

Figure 2 - Profil schématique du sol du terrain d'épandage.

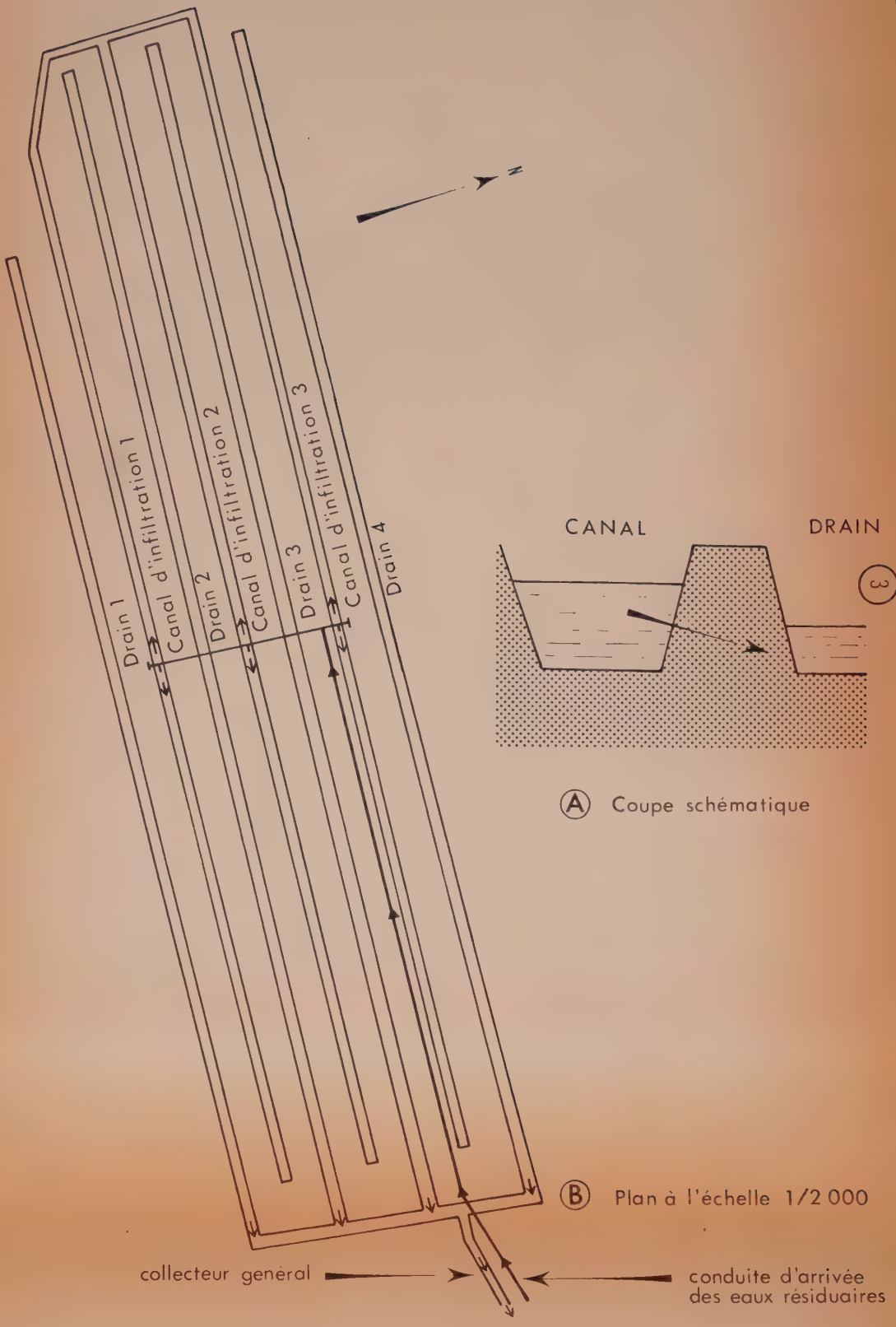


Figure 3 - Premier dispositif d'épandange utilisé (20 août 1959).

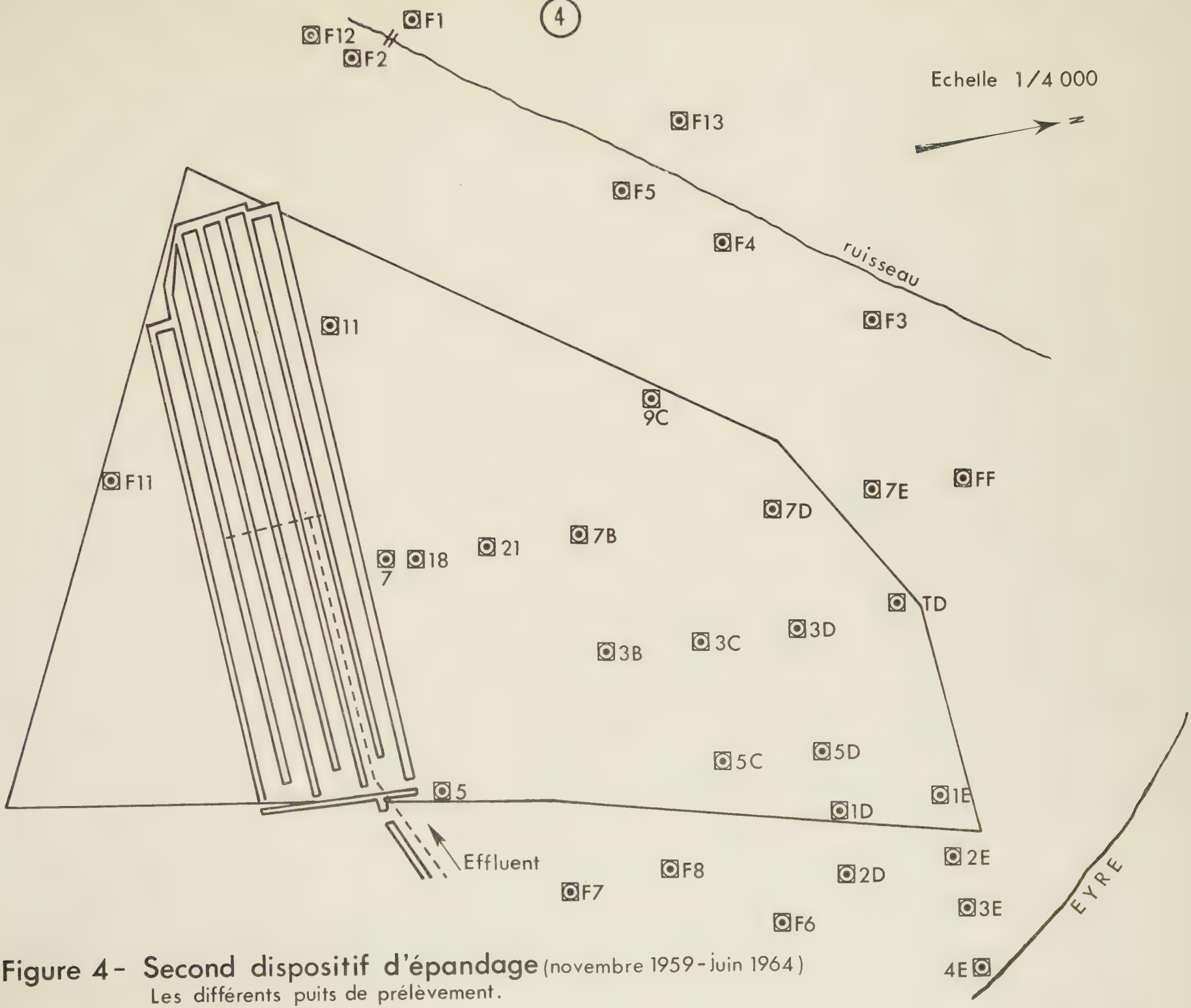


Figure 4 - Second dispositif d'épandage (novembre 1959 - juin 1964)
Les différents puits de prélèvement.

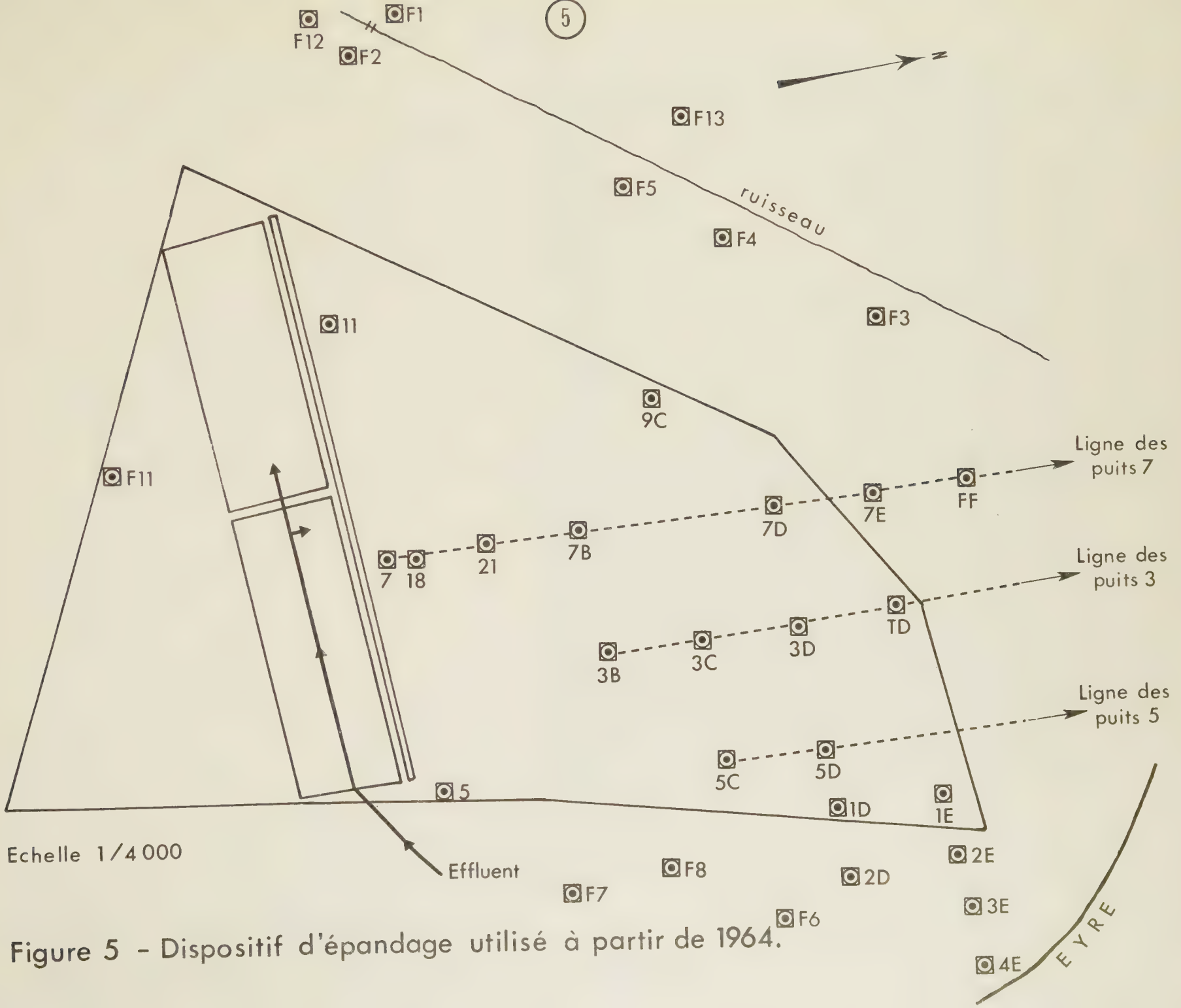


Figure 5 - Dispositif d'épandage utilisé à partir de 1964.

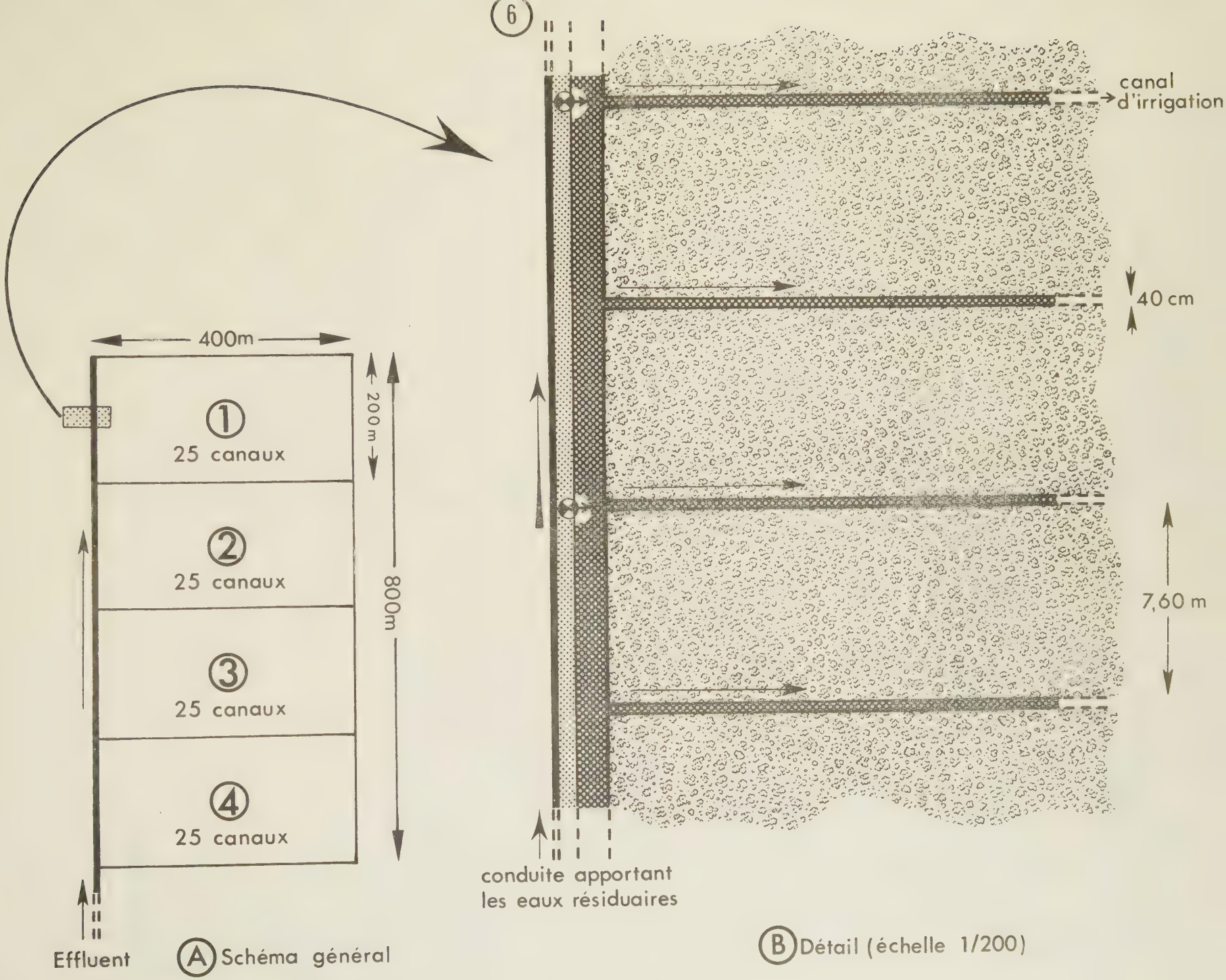


Figure 6 - Dispositif d'épandage par irrigation.

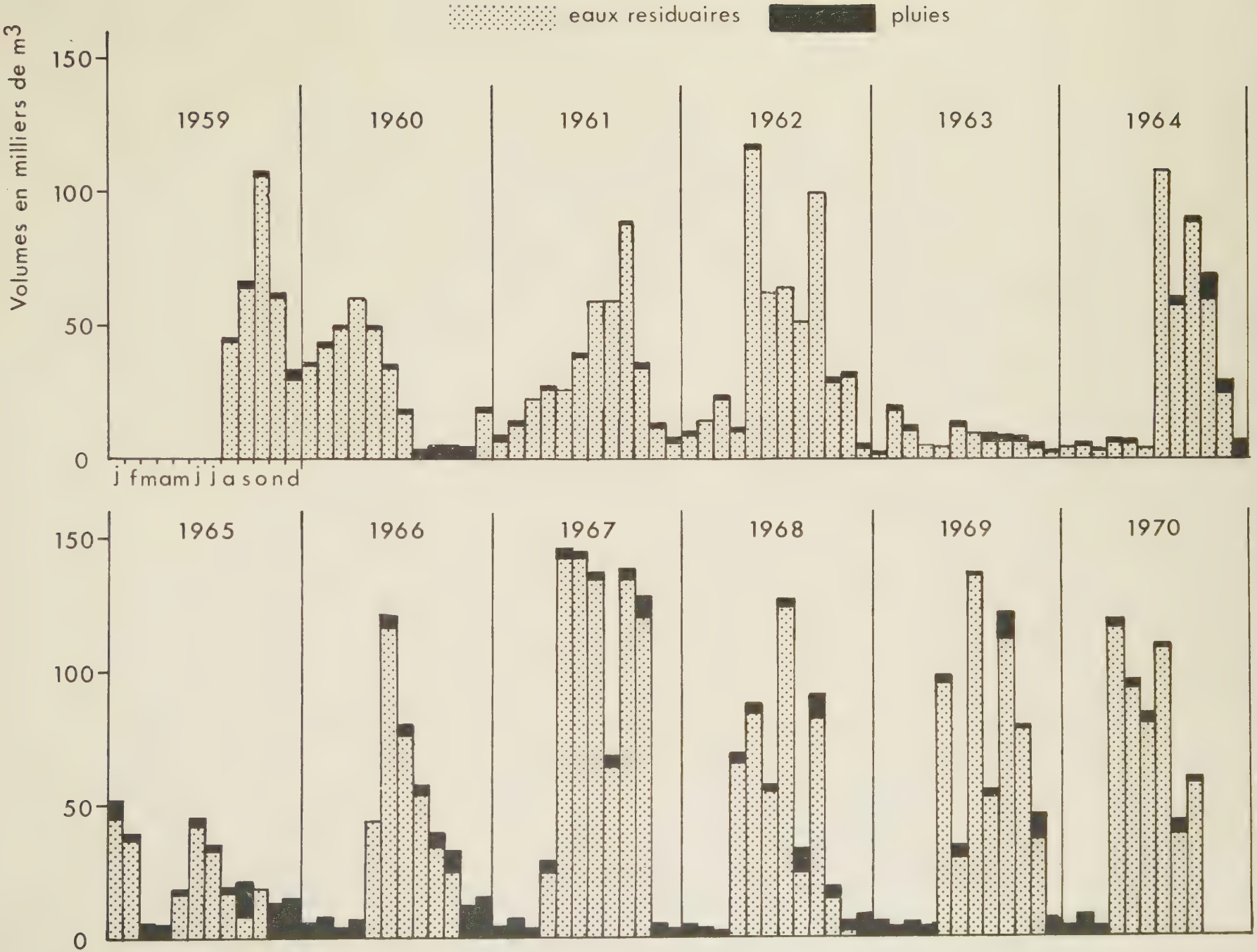


Figure 7 - Bilan des eaux reçues mensuellement par le dispositif d'épandage.

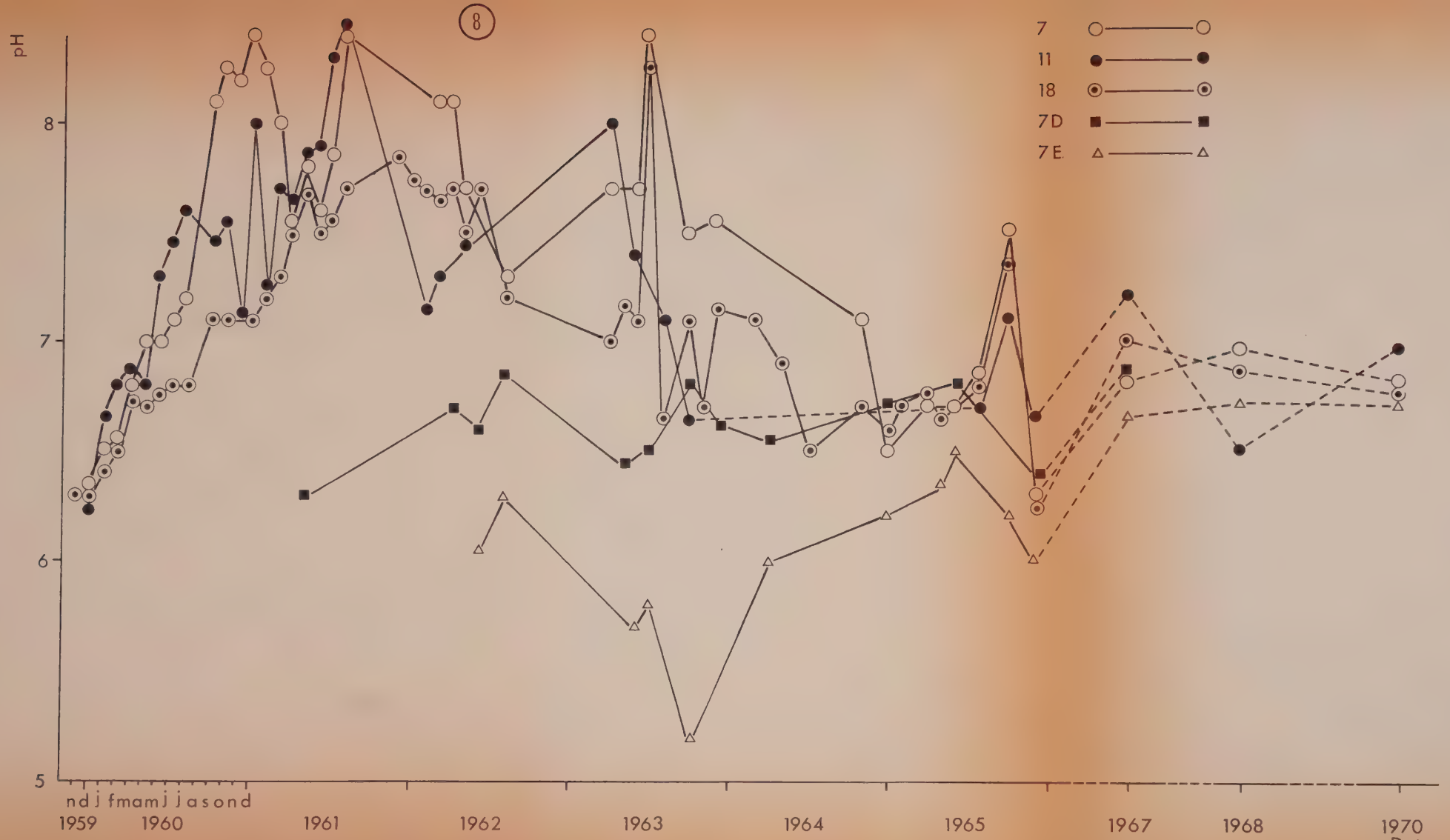


Figure 8 - Variations du pH suivant la ligne des puits 7 et dans les eaux du puits 11 .

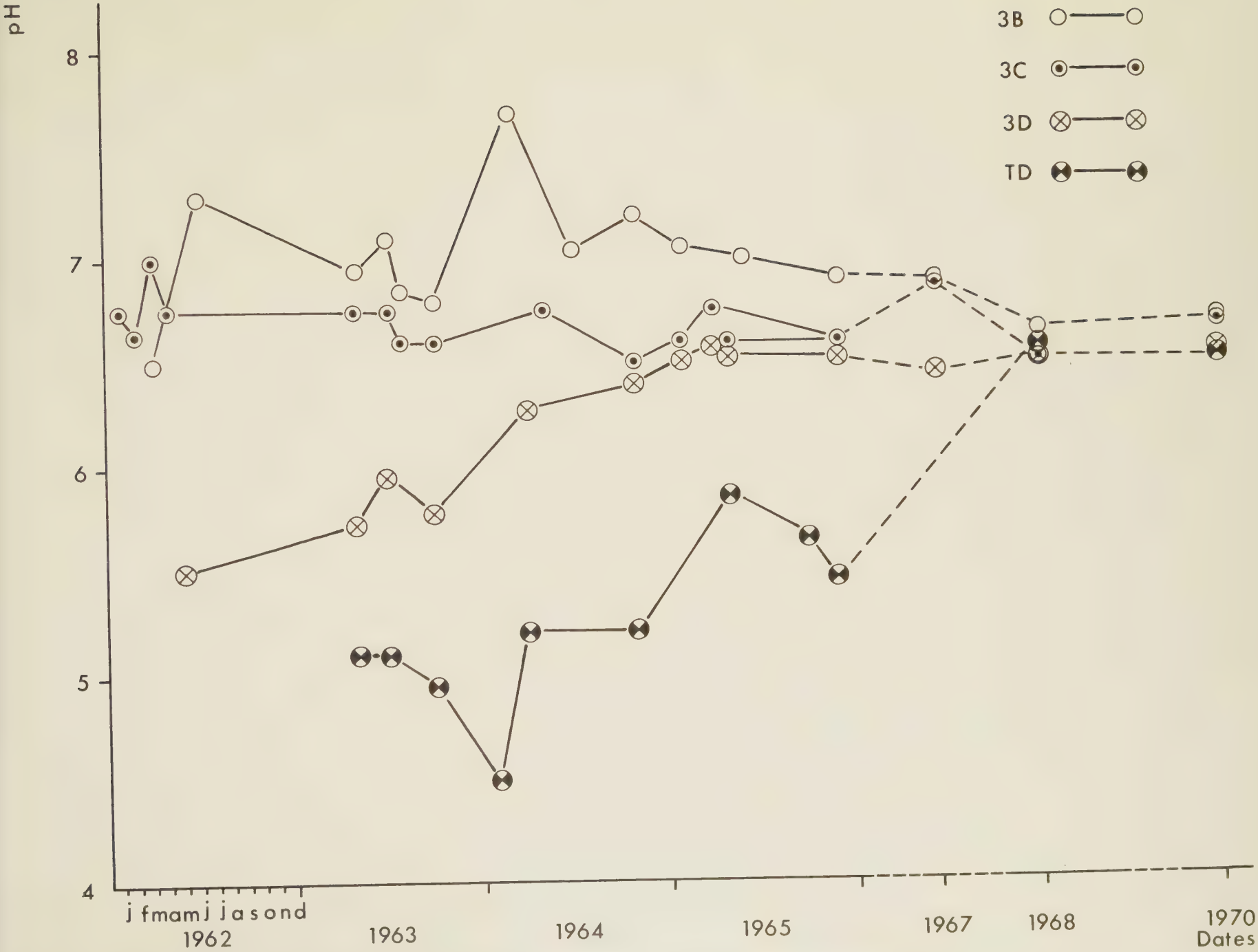


Figure 9 - Evolution du pH suivant la ligne des puits 3 .

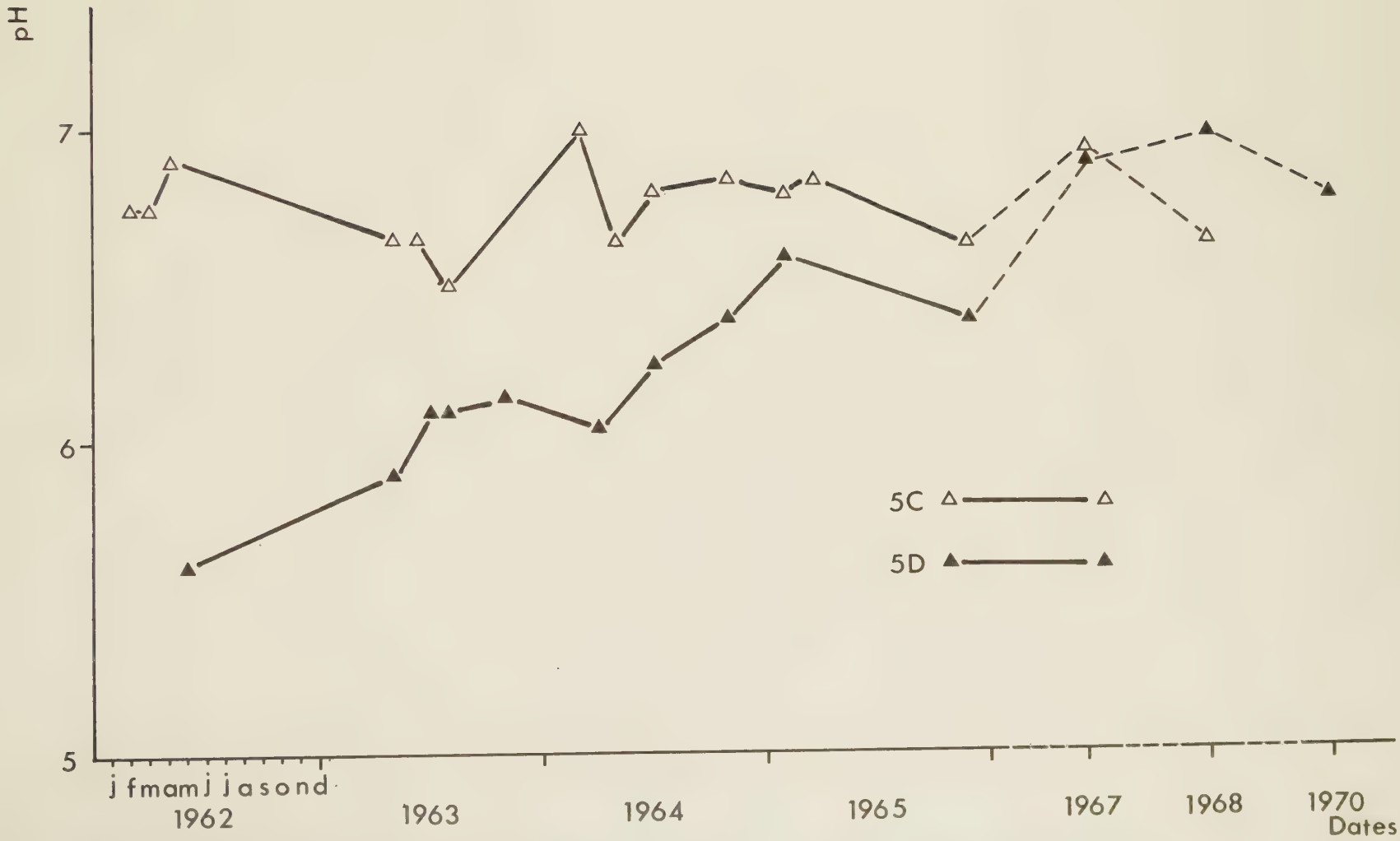


Figure 10 - Evolution du pH suivant la ligne des puits 5 .

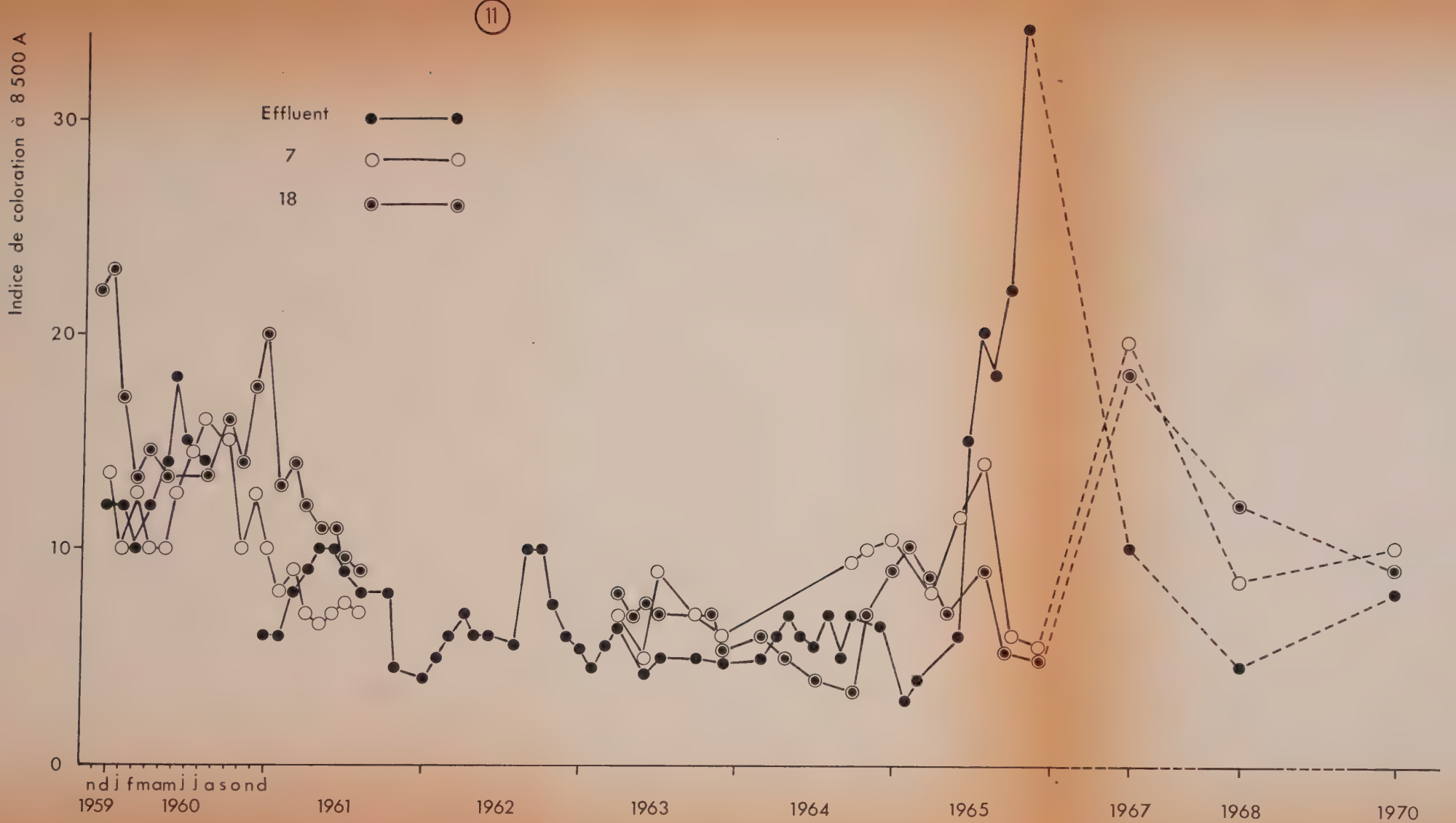


Figure 11 - Variations de coloration de l'effluent et des eaux prélevées dans les puits 7 et 18.

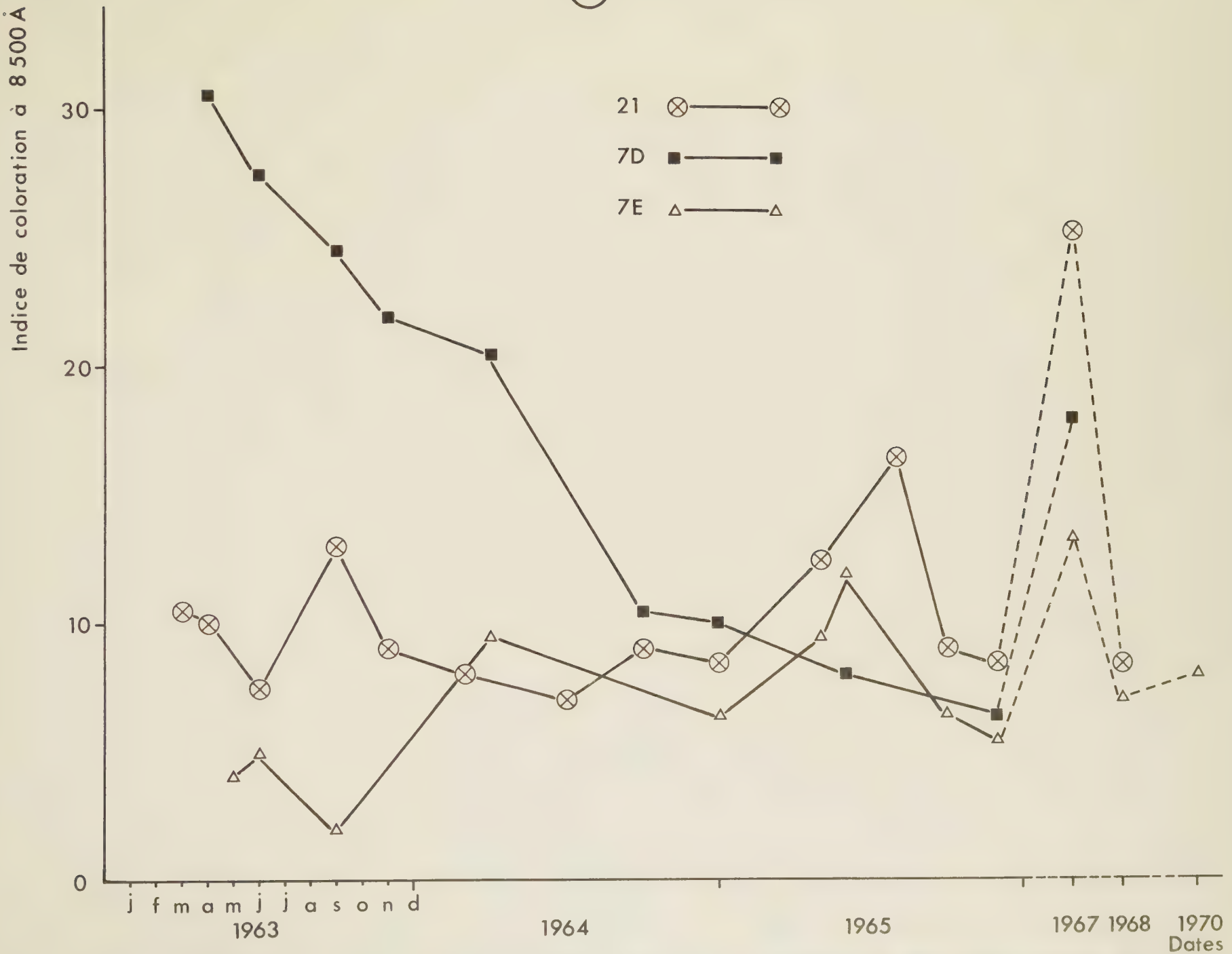


Figure 12 - Variations de coloration des eaux prélevées dans les puits 21, 7D et 7E

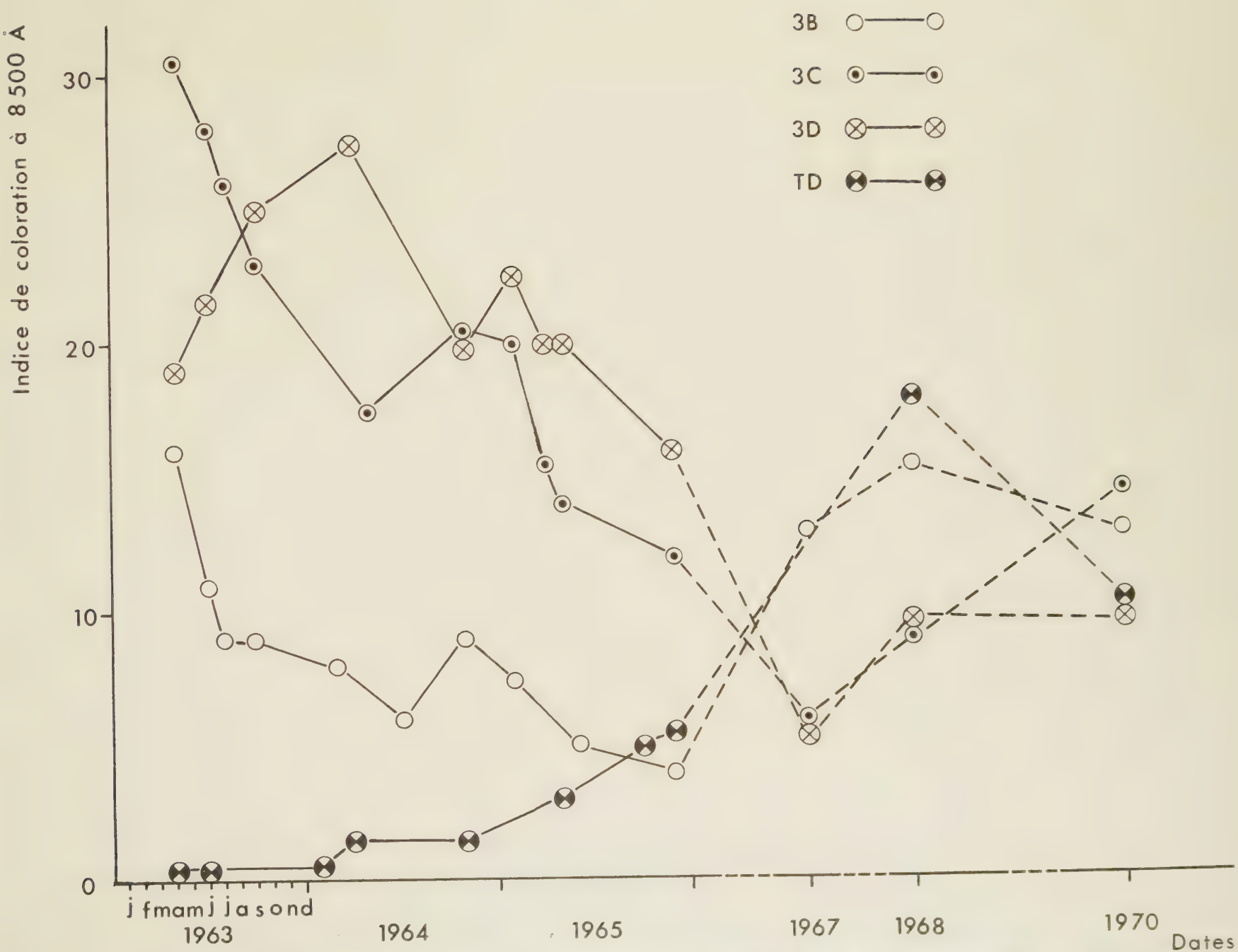


Figure 13 - Evolution de la coloration suivant la ligne des puits 3 .

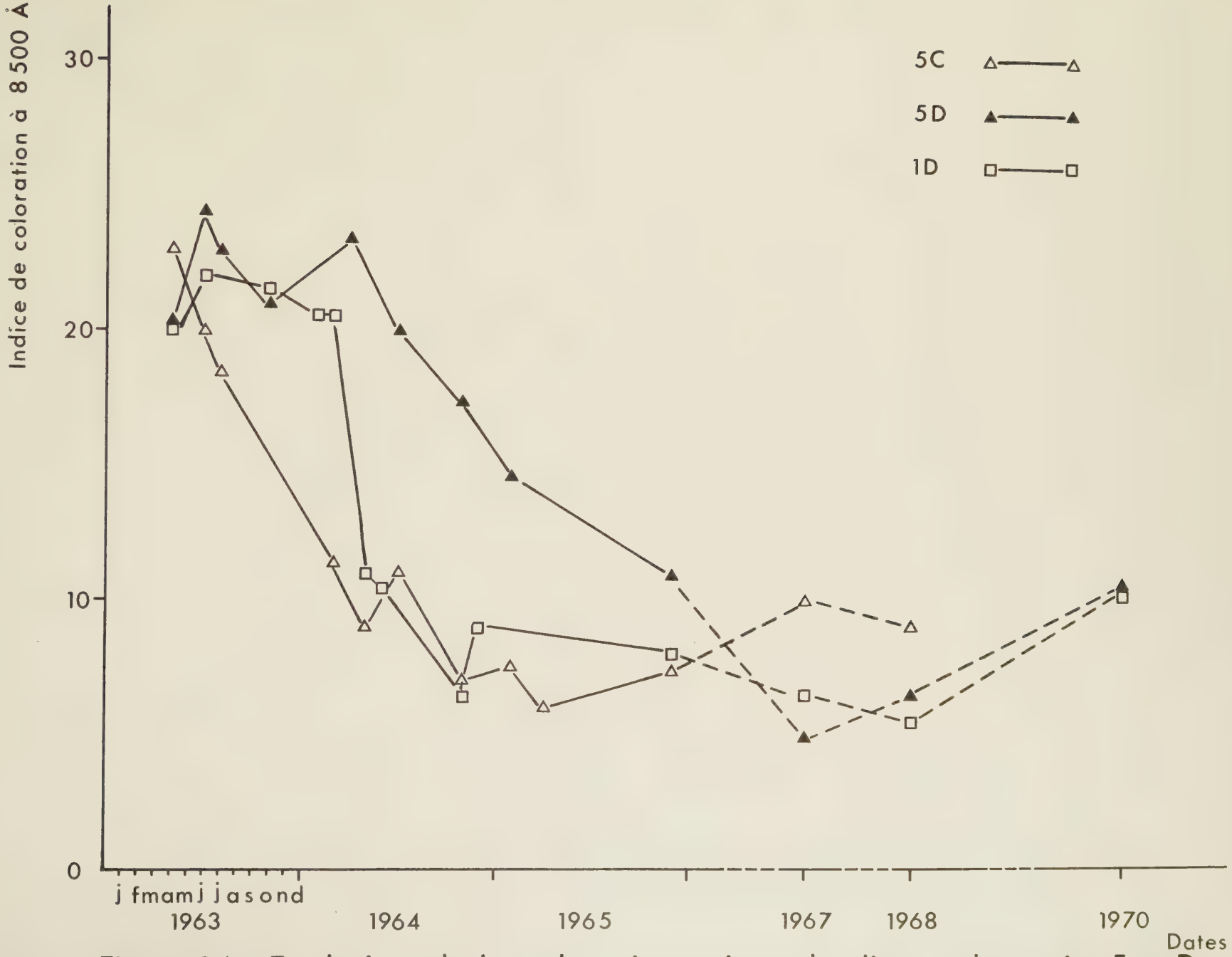


Figure 14 - Evolution de la coloration suivant les lignes des puits 5 et D.

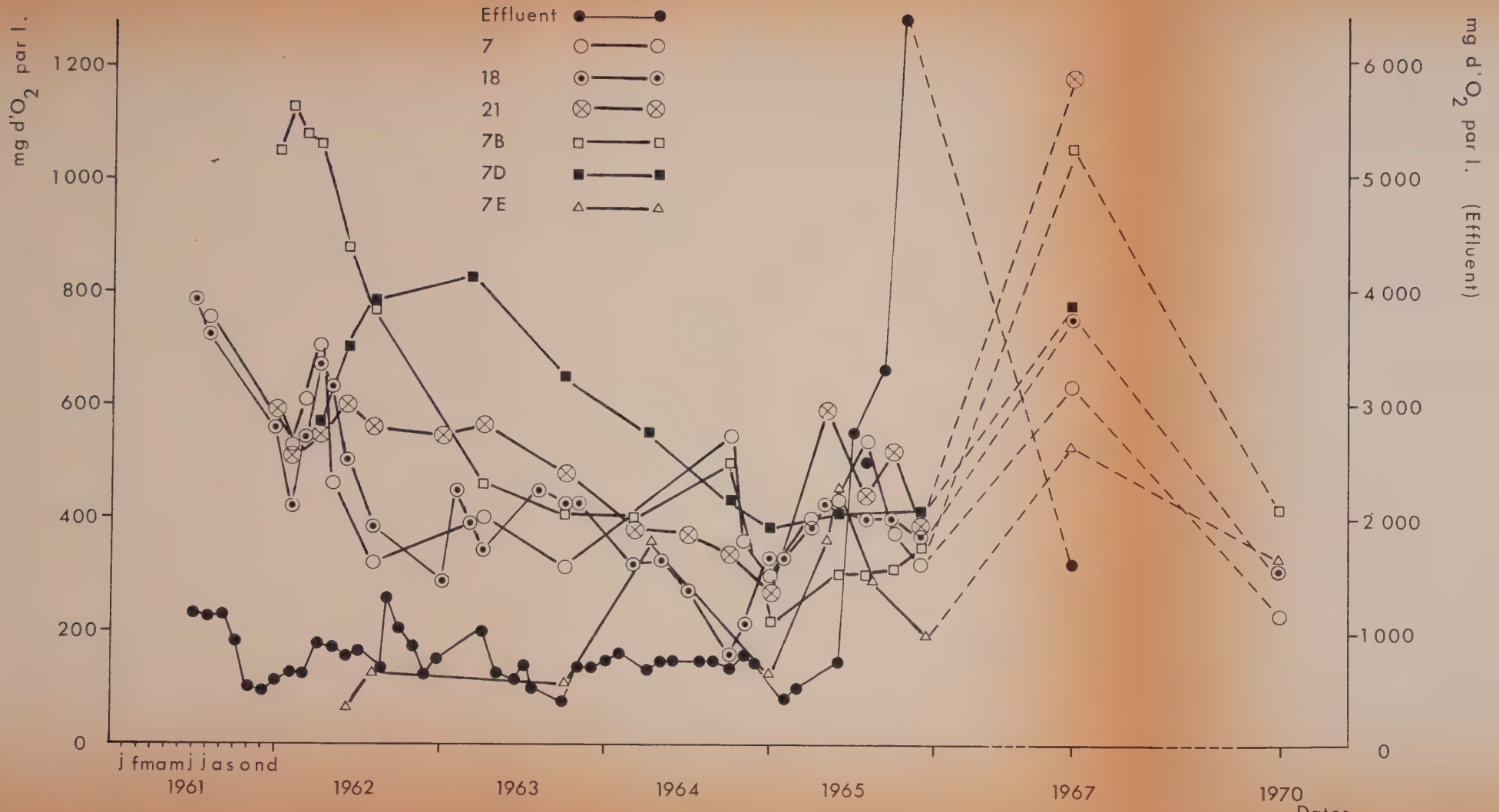


Figure 15 - Evolution de l'oxydabilité de l'effluent et suivant la ligne des puits 7 .

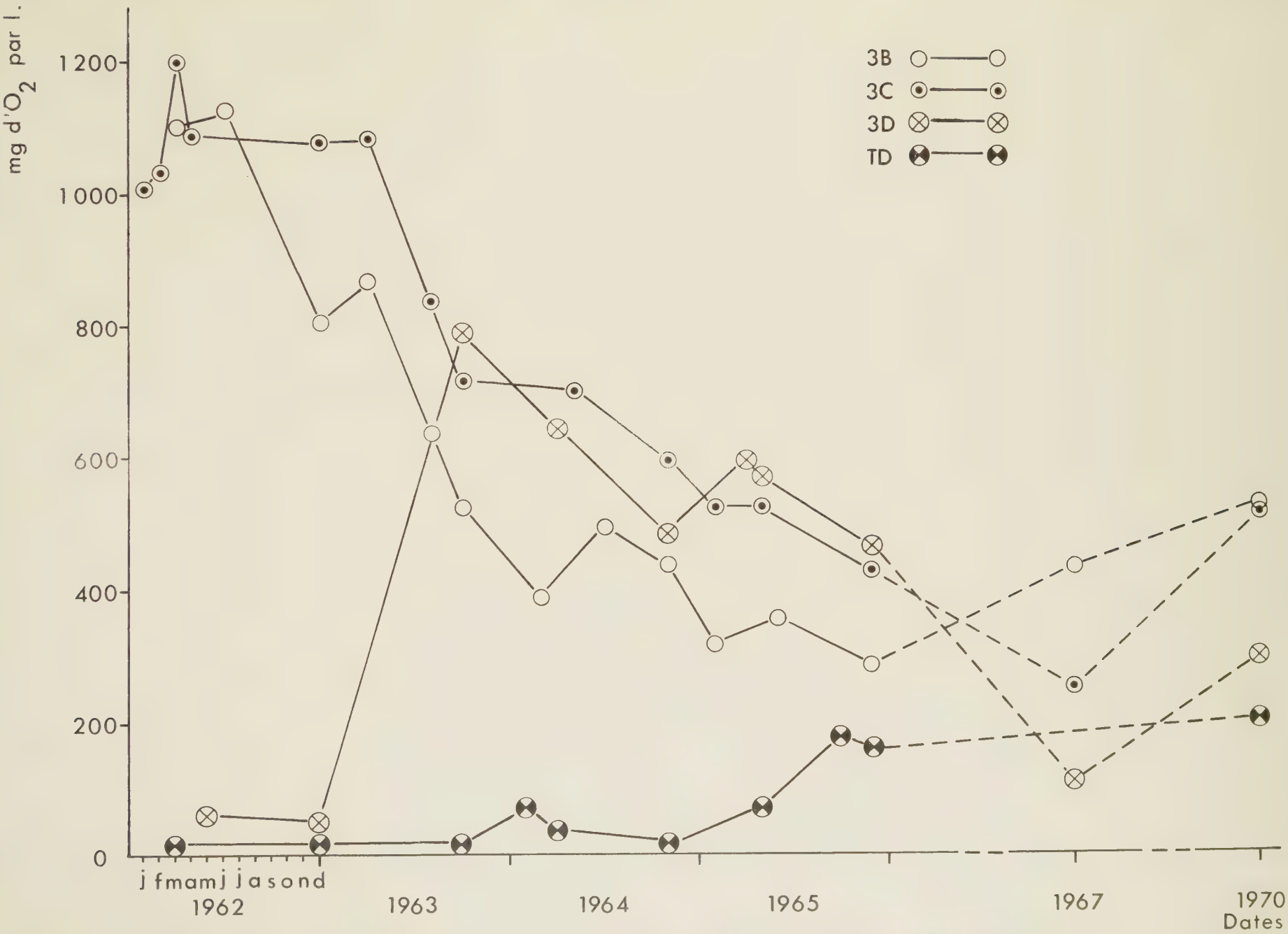


Figure 16 - Evolution de l'oxydabilité suivant la ligne des puits 3 .

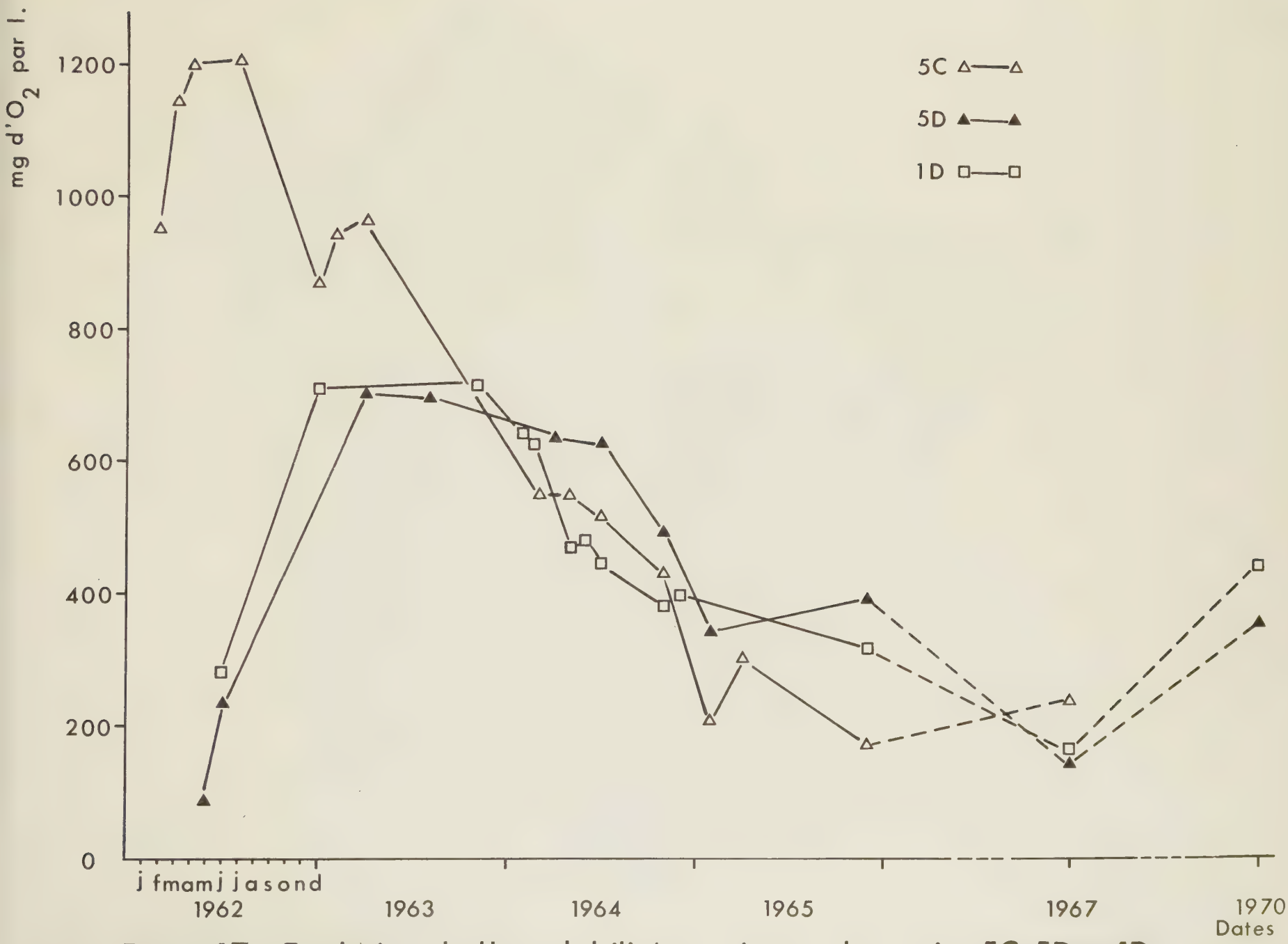


Figure 17 - Evolution de l'oxydabilité au niveau des puits 5C, 5D et 1D.

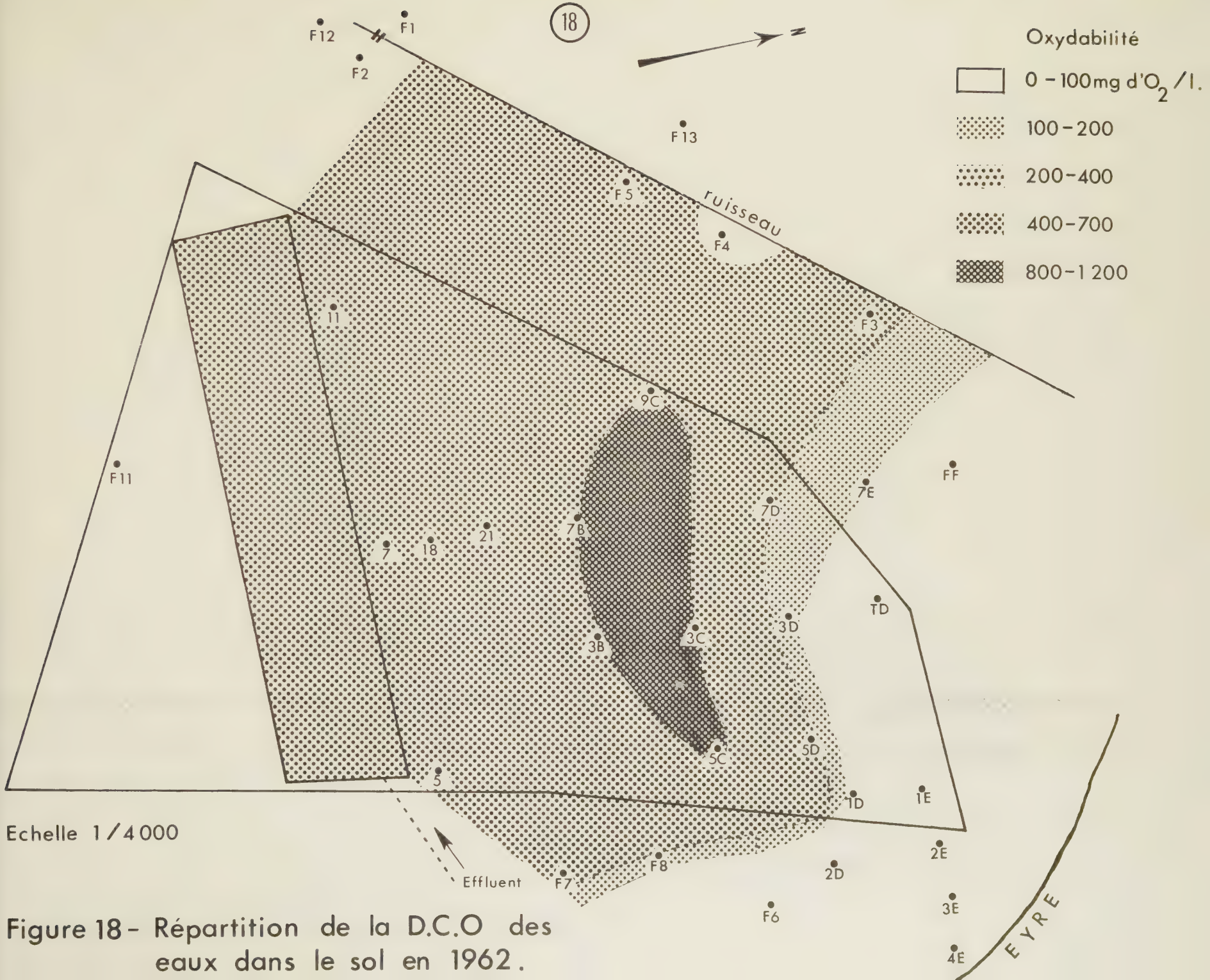


Figure 18 - Répartition de la D.C.O des eaux dans le sol en 1962.

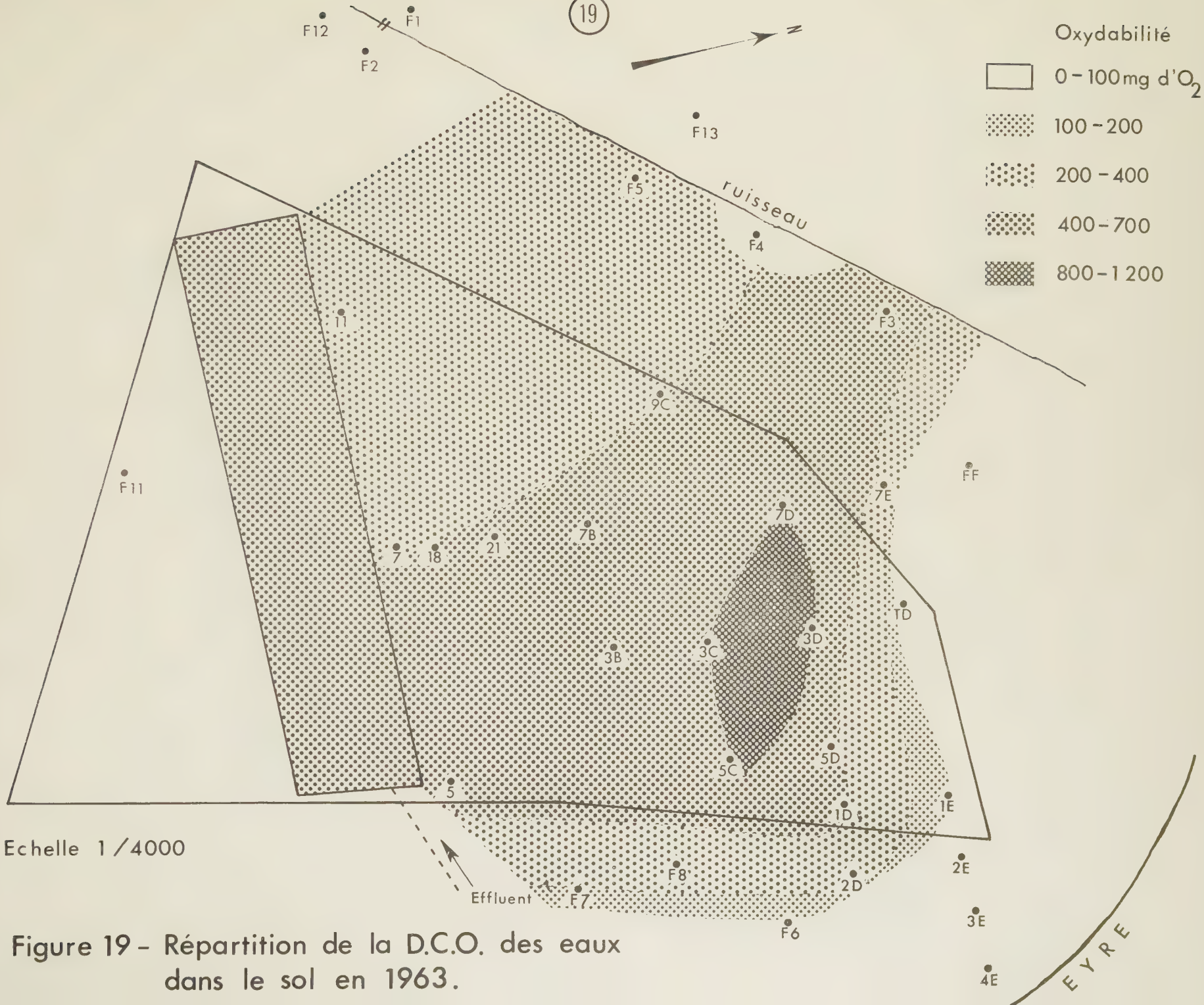


Figure 19 - Répartition de la D.C.O. des eaux dans le sol en 1963.

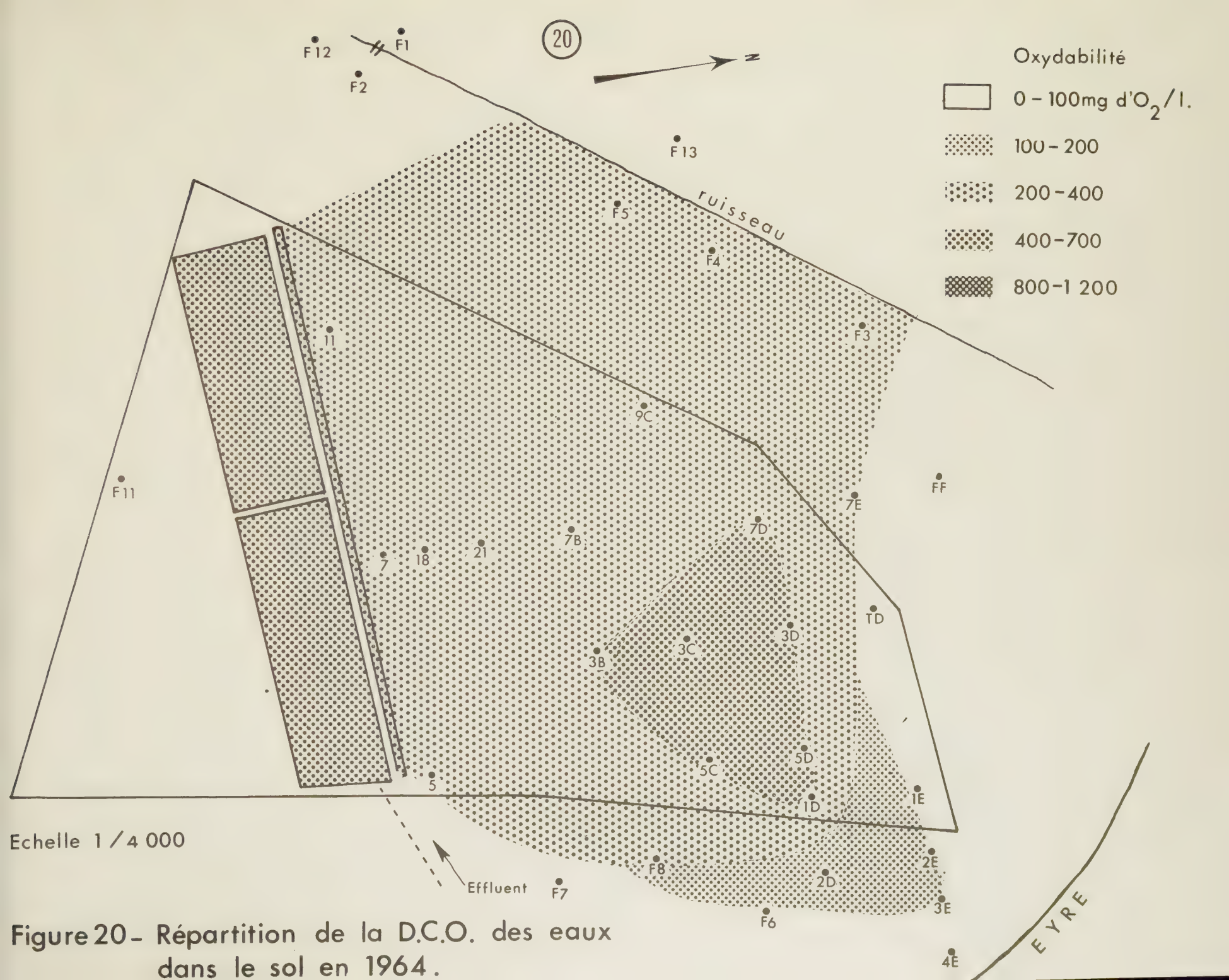


Figure 20 - Répartition de la D.C.O. des eaux dans le sol en 1964.

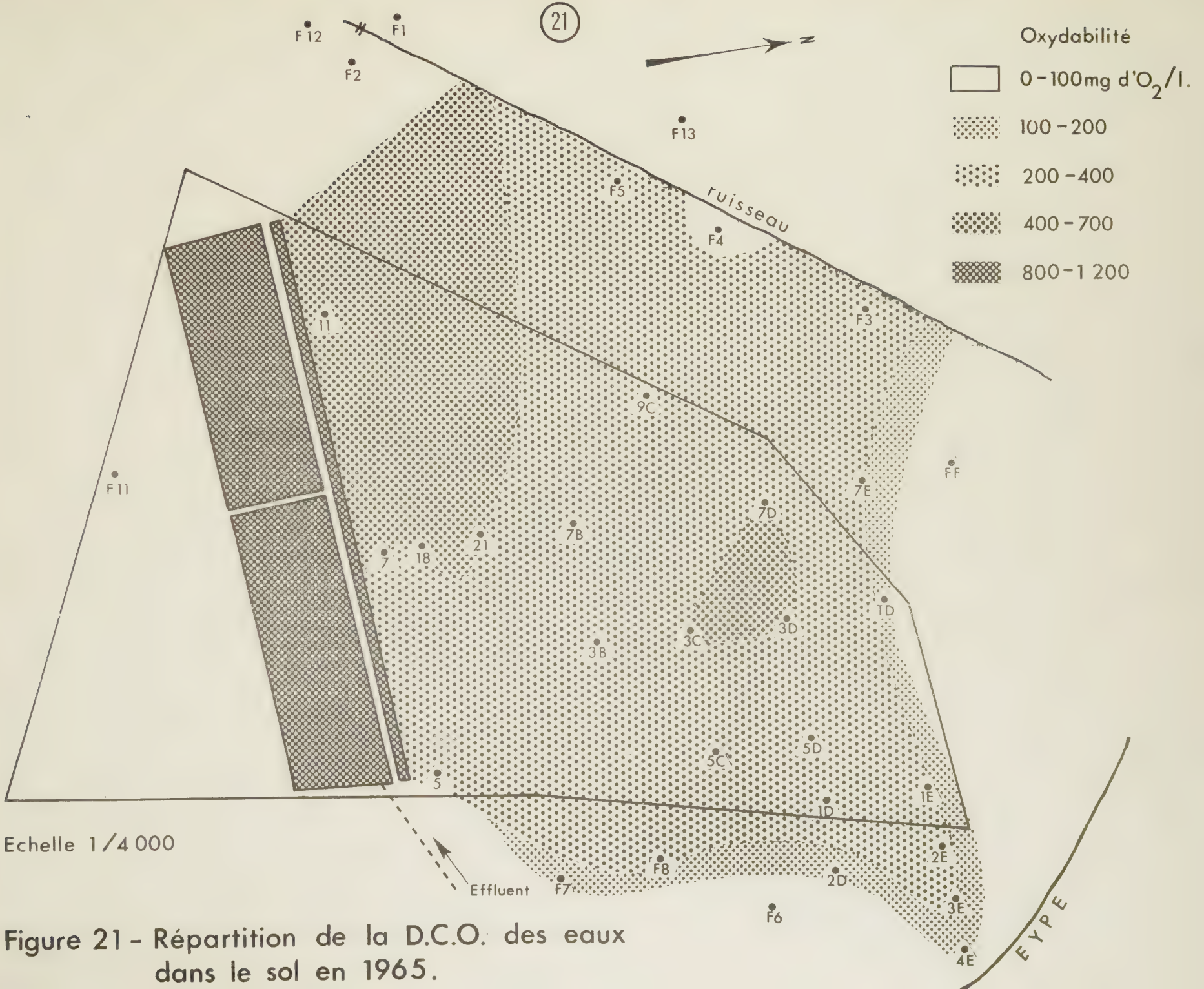


Figure 21 - Répartition de la D.C.O. des eaux dans le sol en 1965.

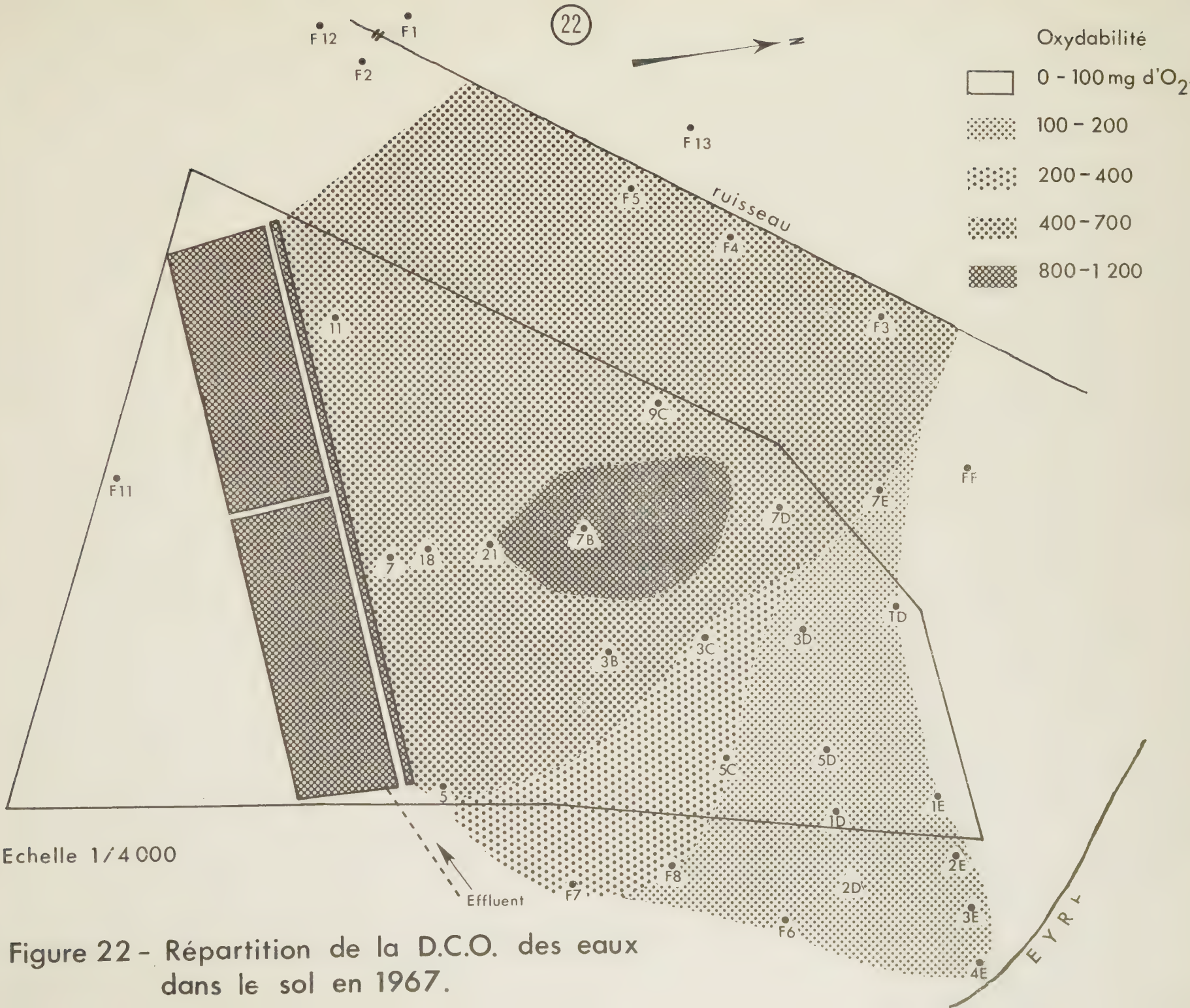


Figure 22 - Répartition de la D.C.O. des eaux dans le sol en 1967.

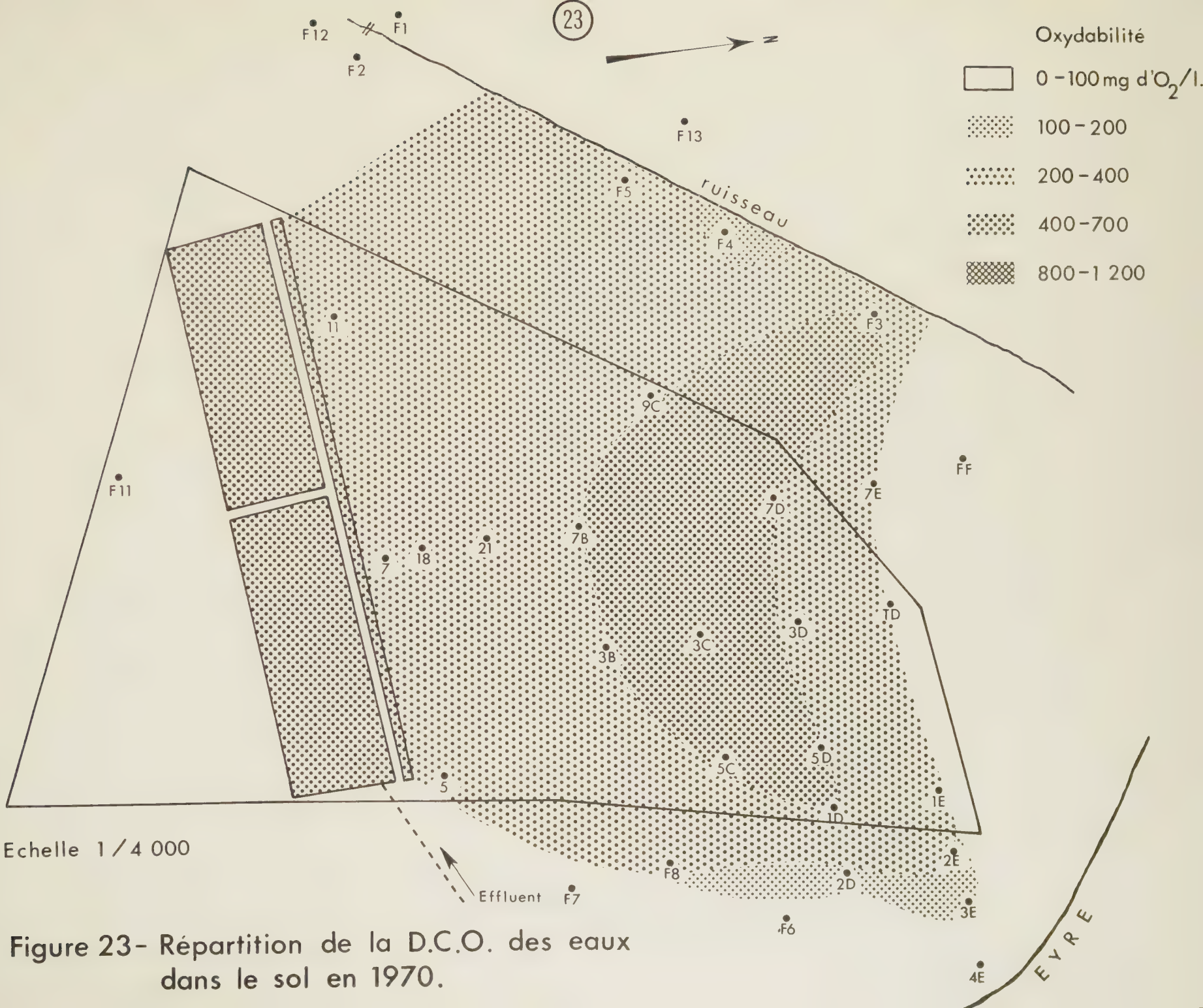


Figure 23- Répartition de la D.C.O. des eaux dans le sol en 1970.

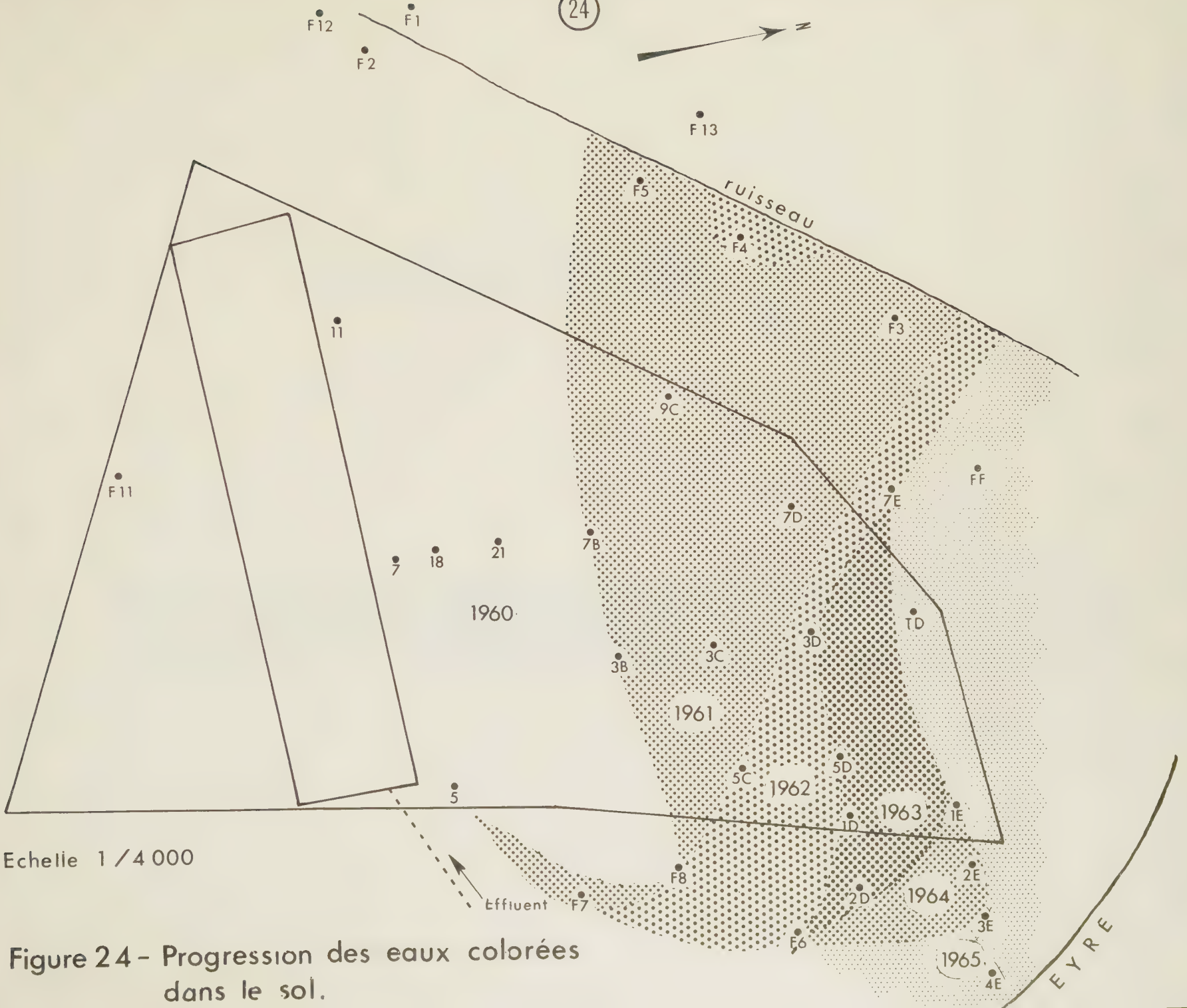


Figure 24 - Progression des eaux colorées dans le sol.

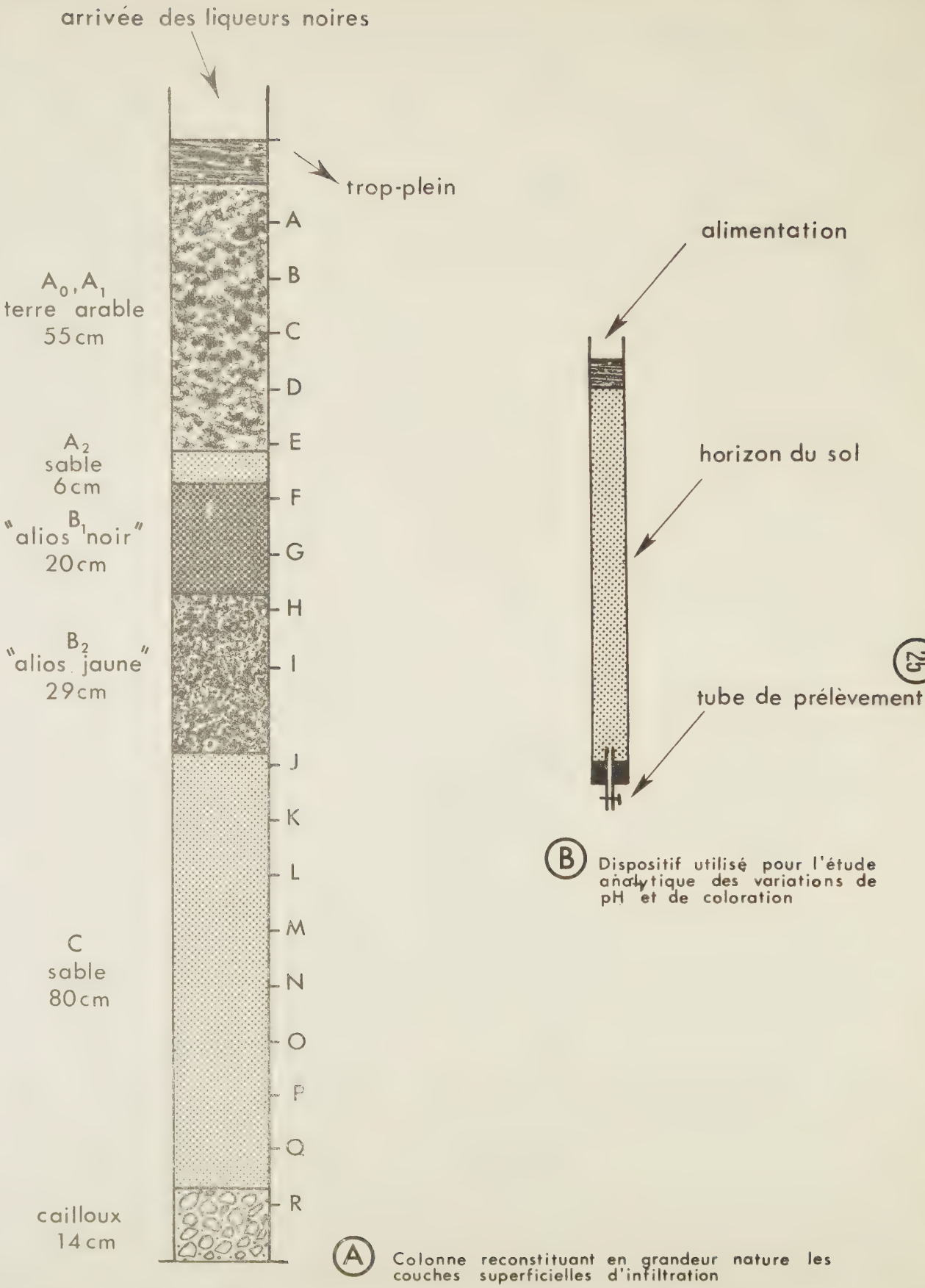


Figure 25- Colonnes de terre réalisées pour l'étude des interactions sol-effluent.

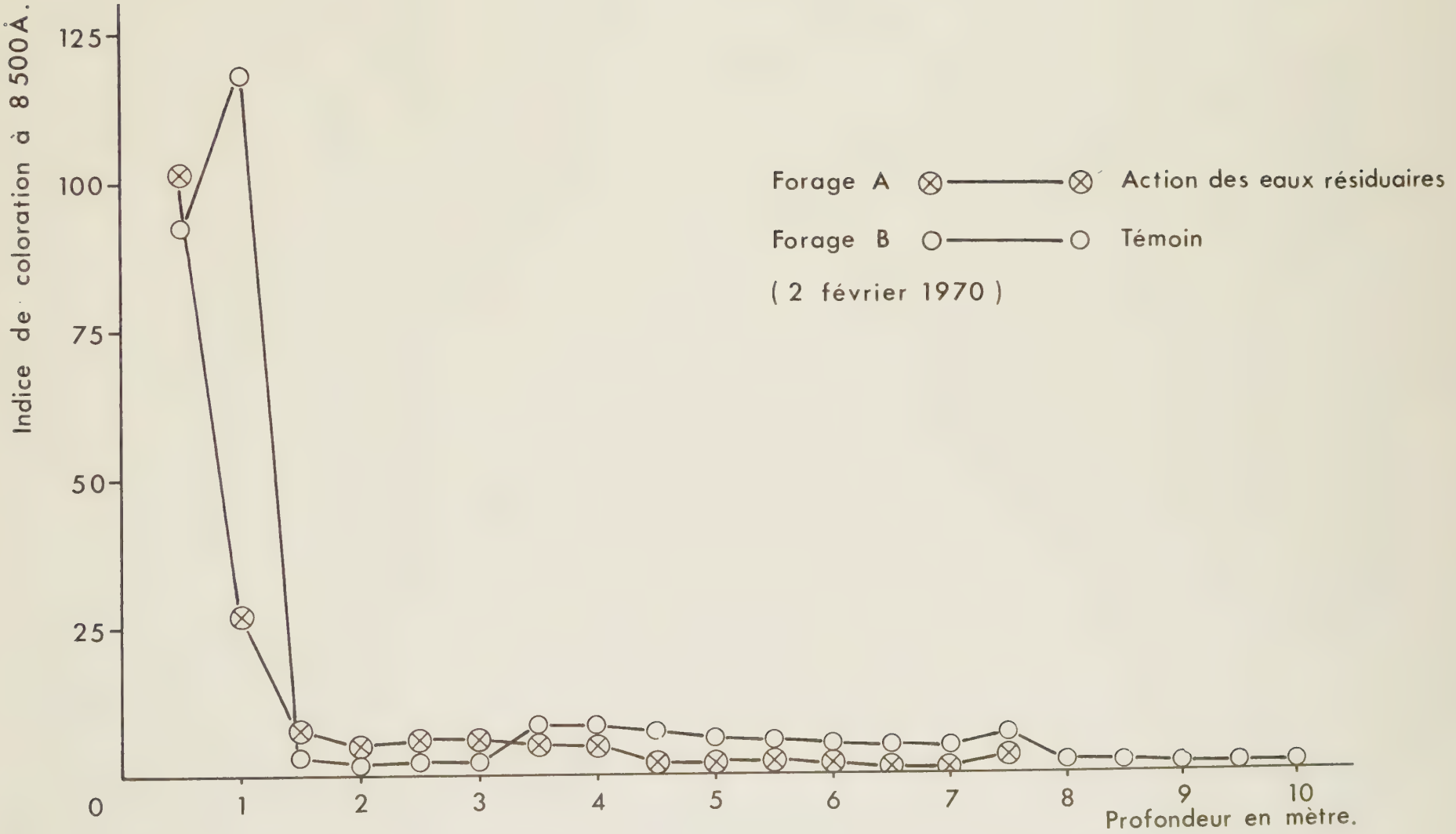


Figure 26 - Variations de la coloration des extraits humo-ligniques de sols, soumis ou non à l'irrigation, et prélevés à différentes profondeurs.

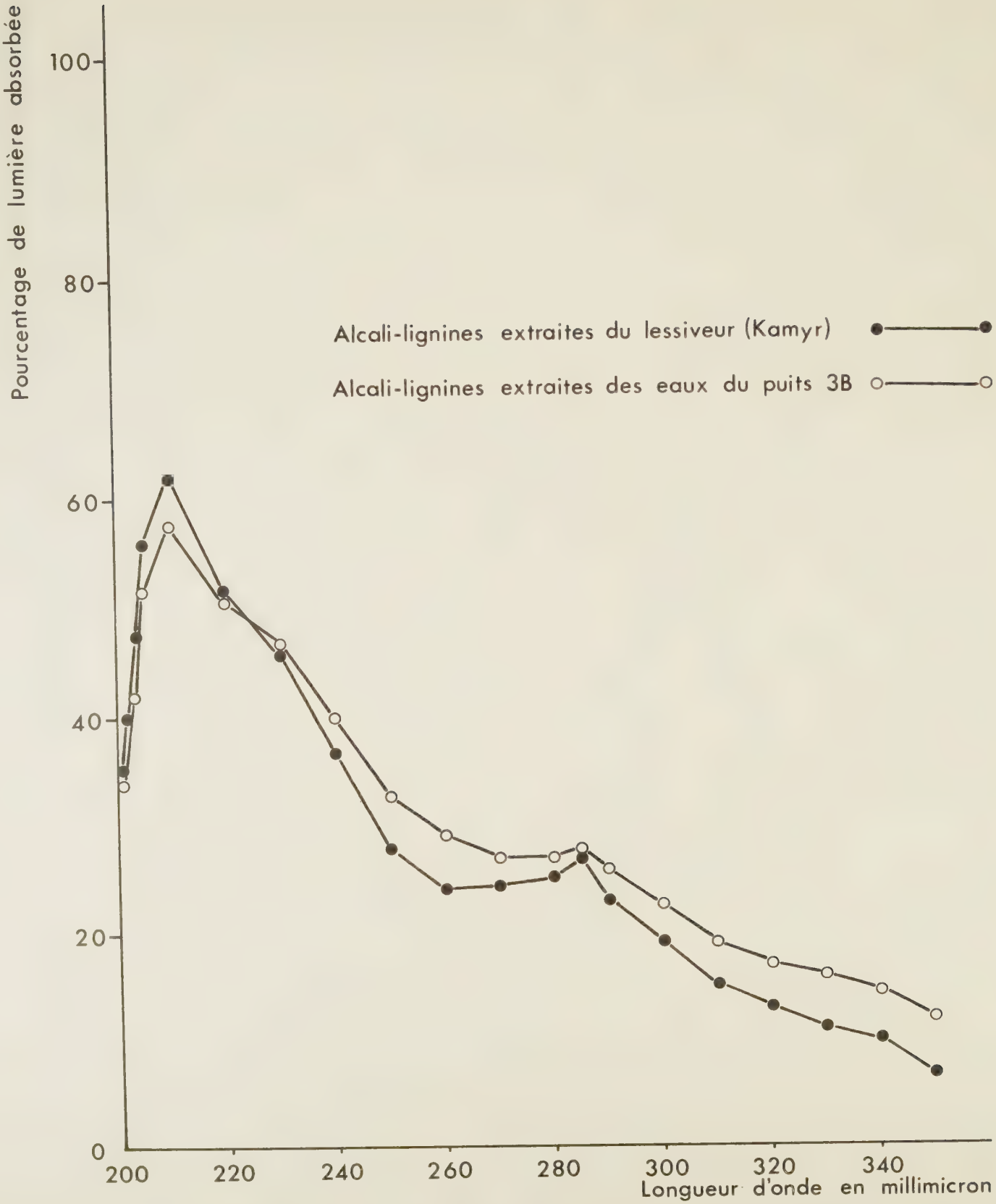


Figure 27 - Spectres d'absorption d'alcali-lignines en lumière ultraviolette (solutions à 5mg par l.).

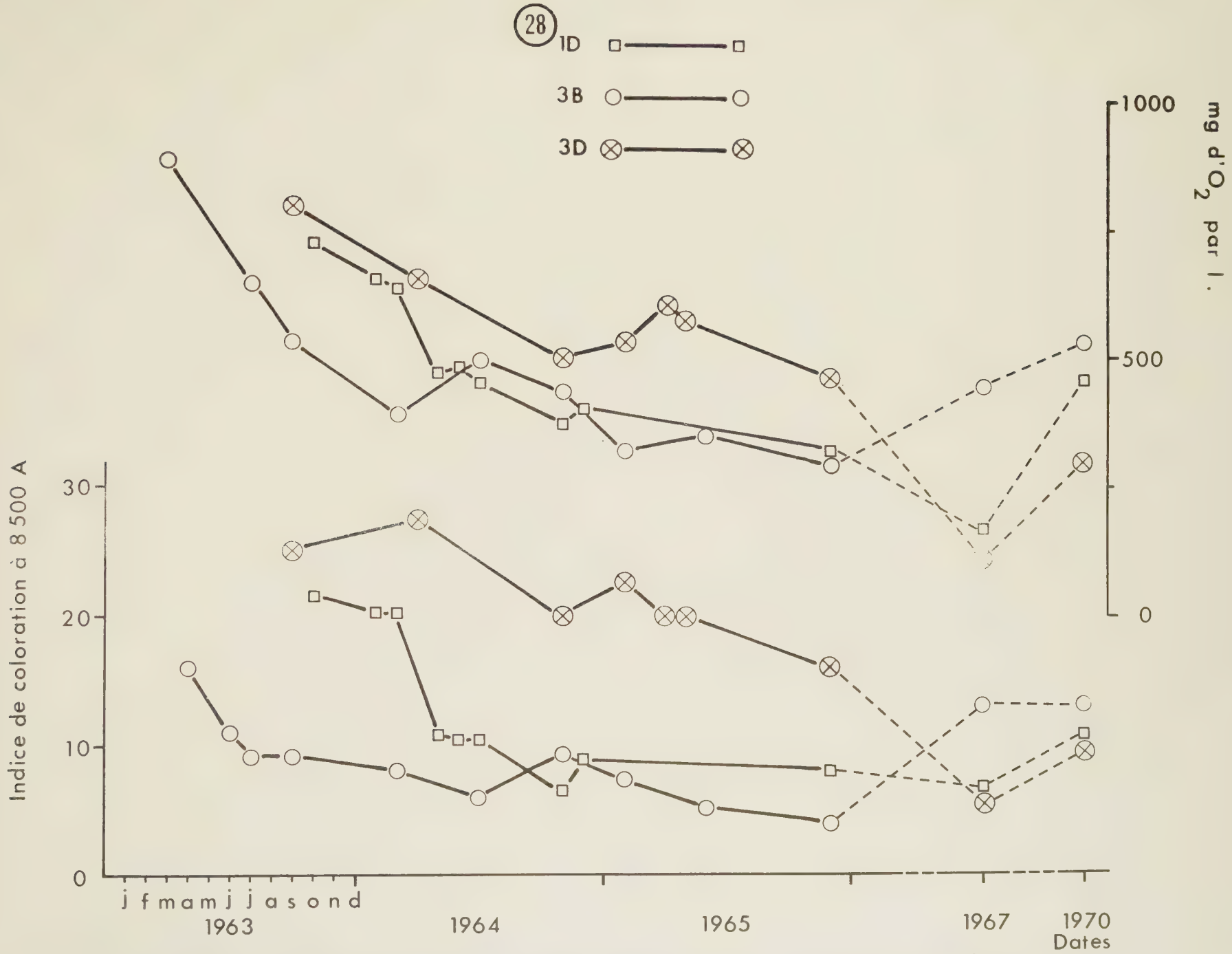


Figure 28- Variations de l'oxydabilité et de la coloration dans les eaux des puits 1D, 3B et 3D.

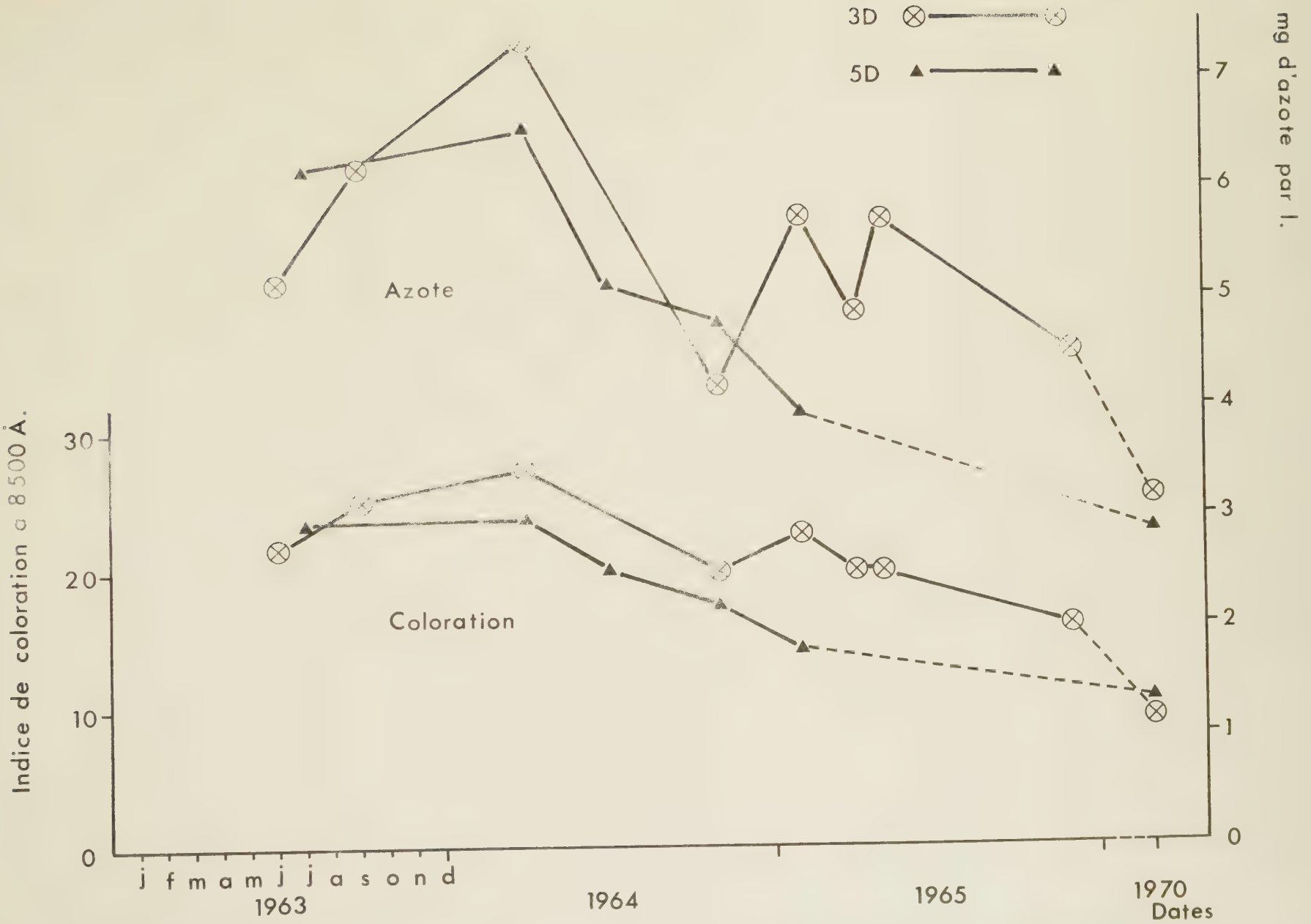


Figure 29 - Variations de la teneur en azote et de la coloration dans les eaux des puits 3D et 5D.

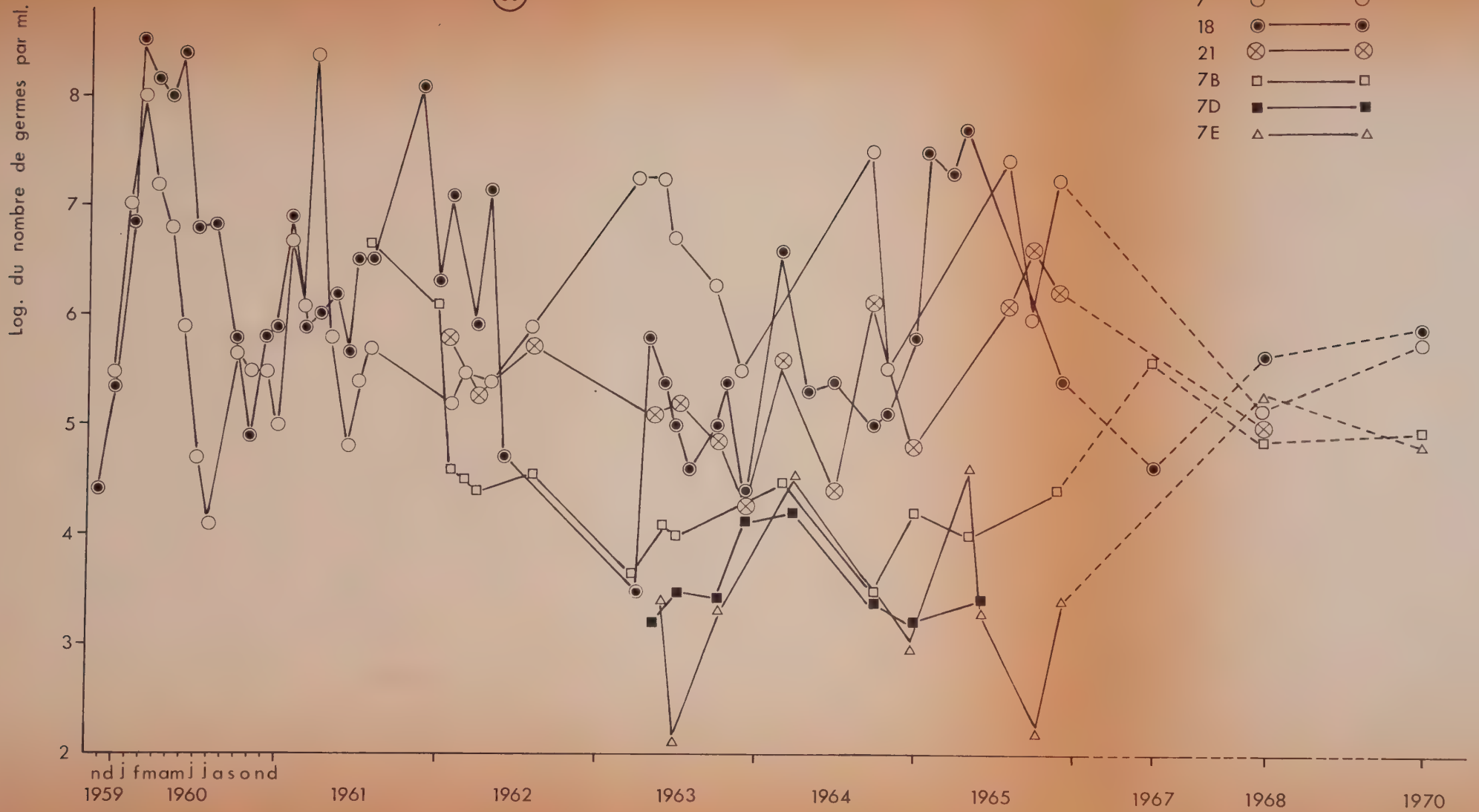


Figure 30 - Evolution de la microflore totale suivant la ligne des puits 7.

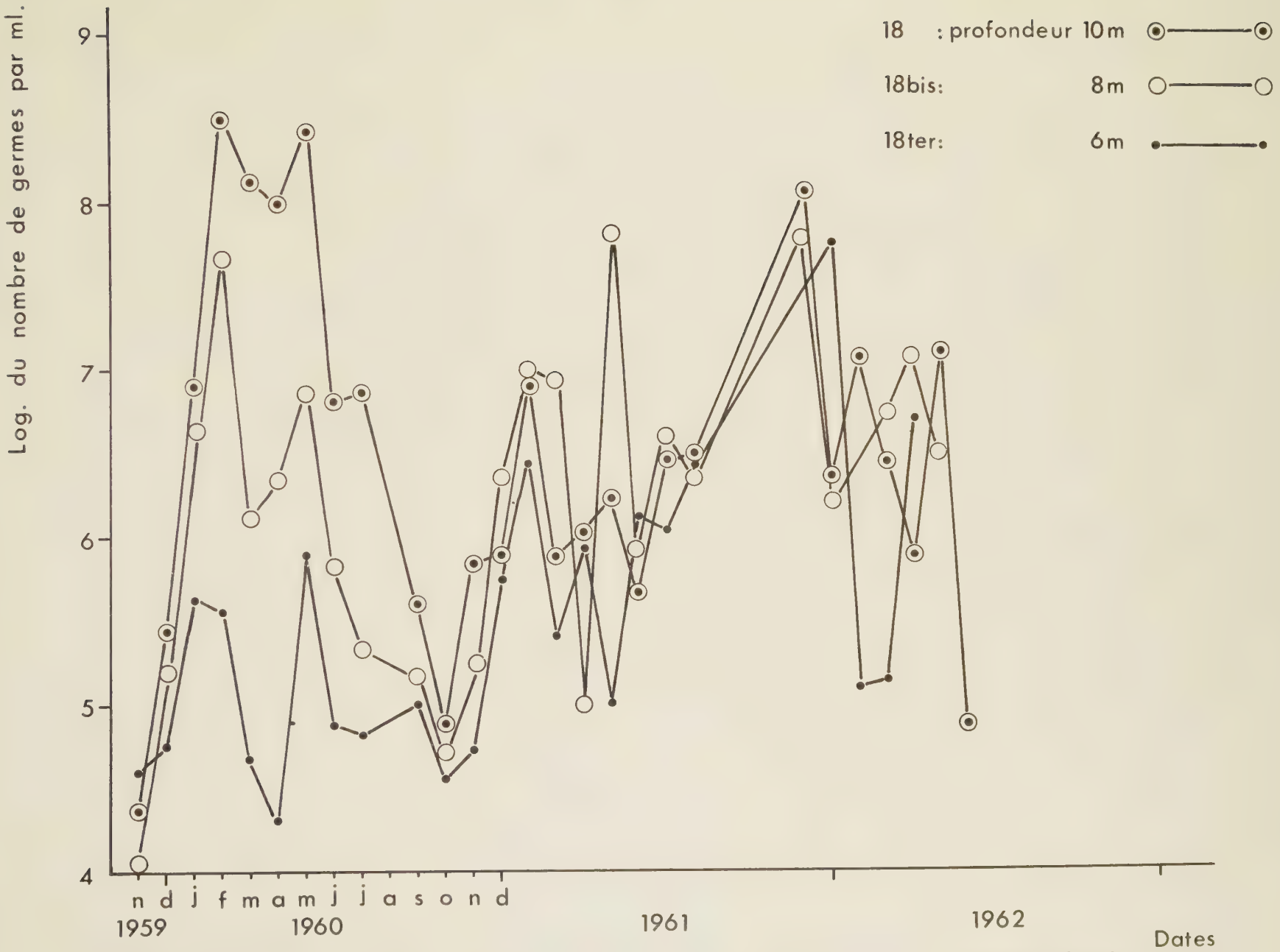


Figure 31 - Variations de la microflore totale en fonction de la profondeur dans les eaux des puits 18 .

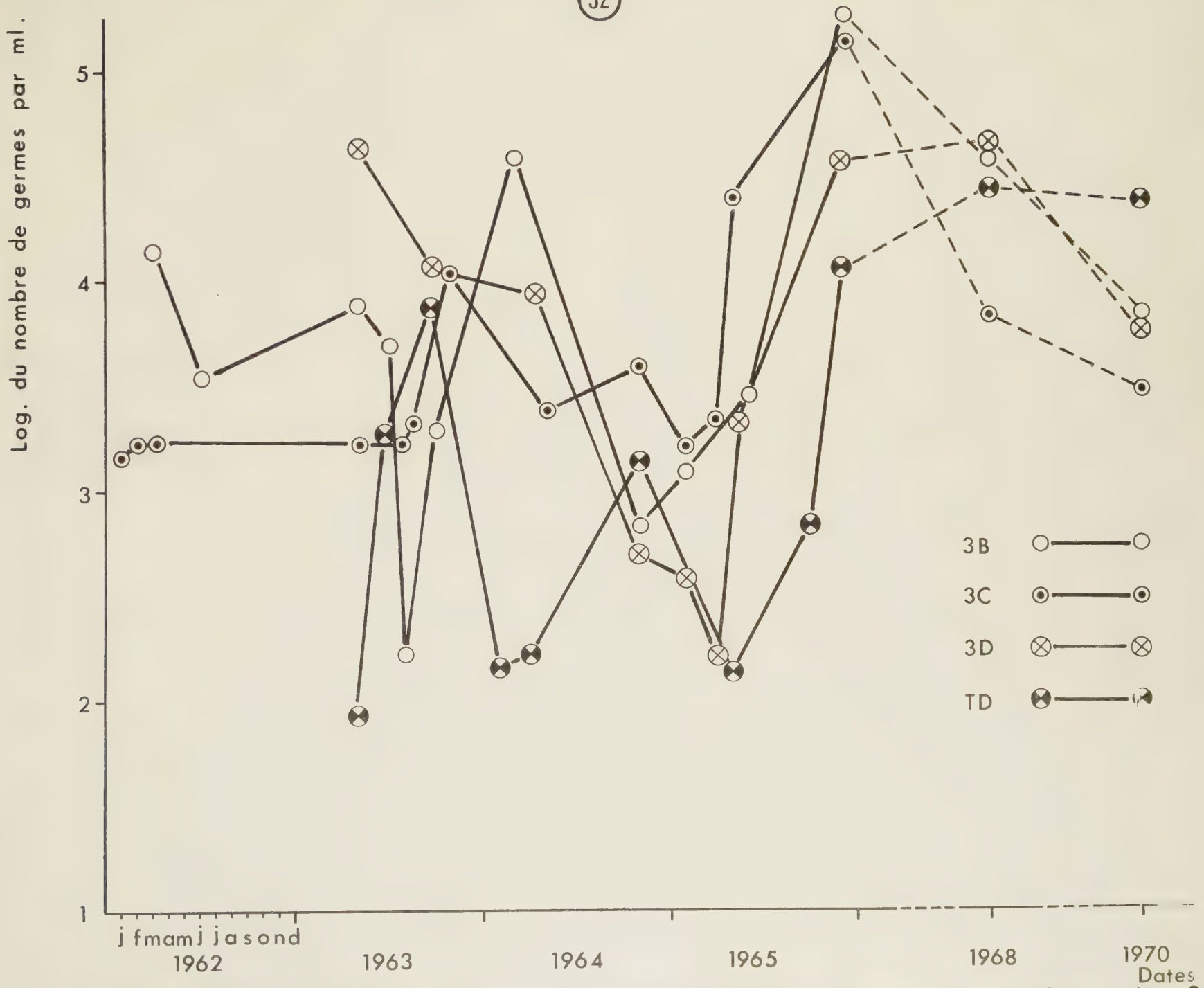


Figure 32 - Evolution de la microflore totale suivant la ligne des puits 3 .

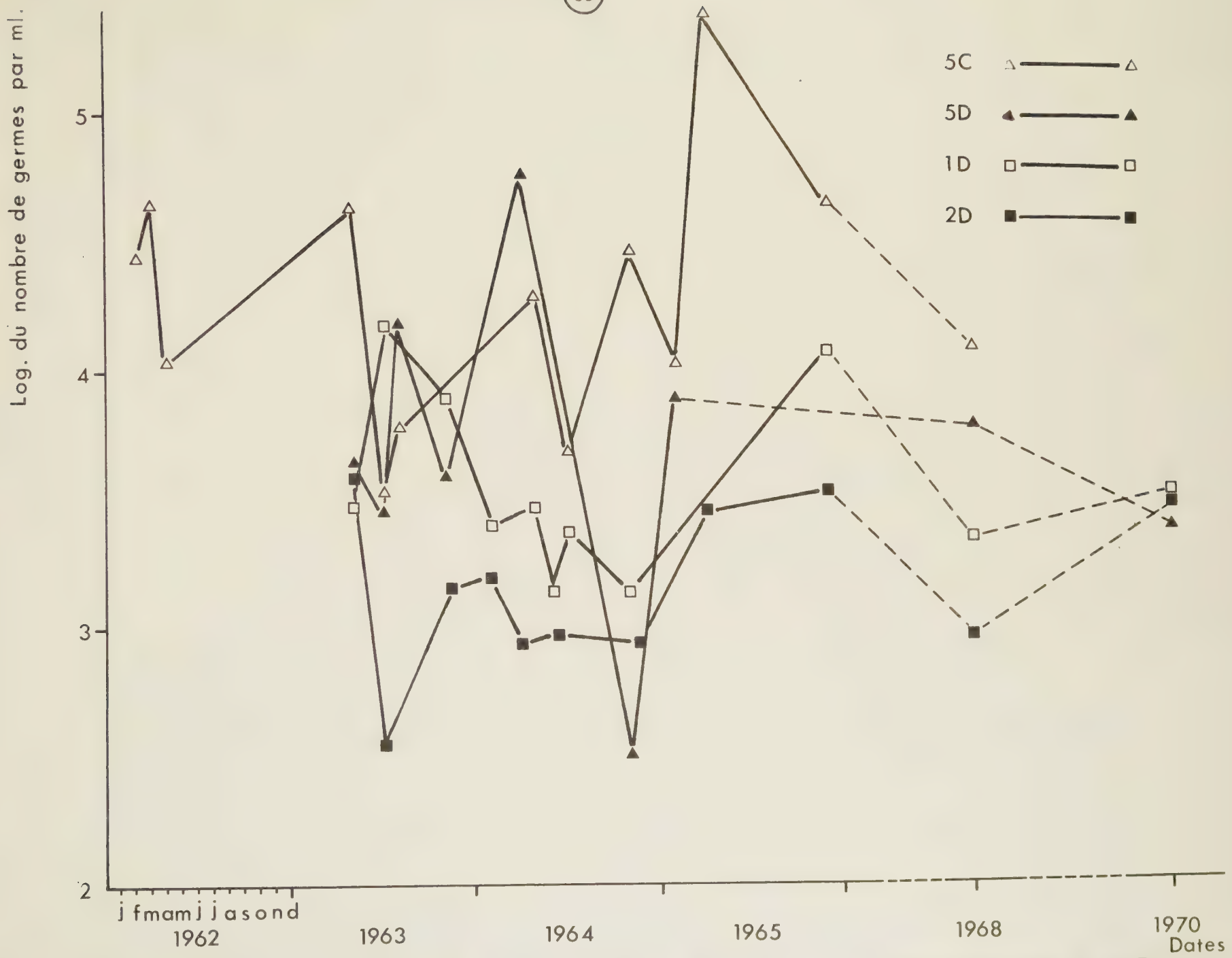


Figure 33 - Evolution de la microflore totale au niveau des puits 5 et D.

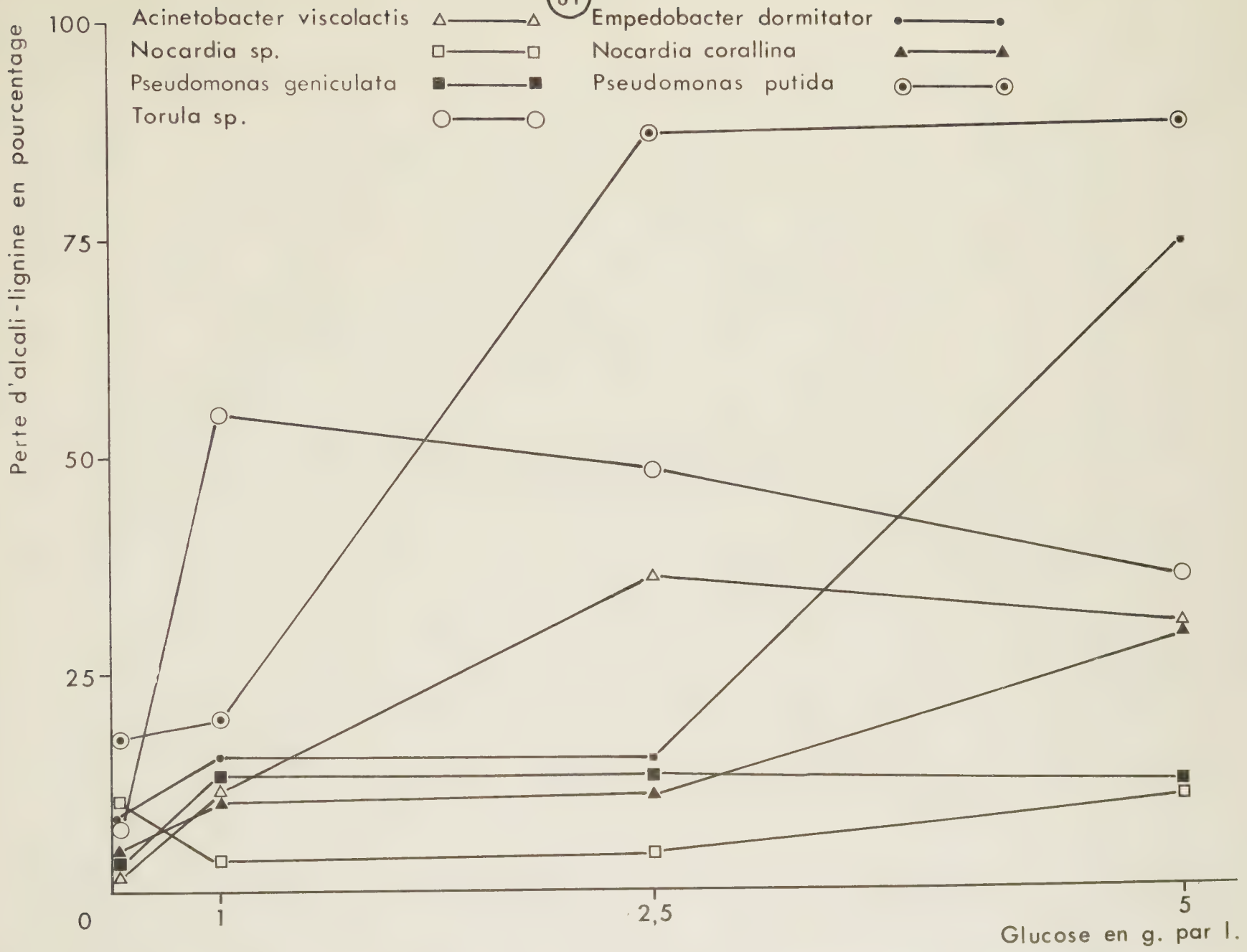


Figure 34 - Pourcentages de perte de D.C.O. des alcali-lignines en fonction de la teneur en glucose du milieu de culture.

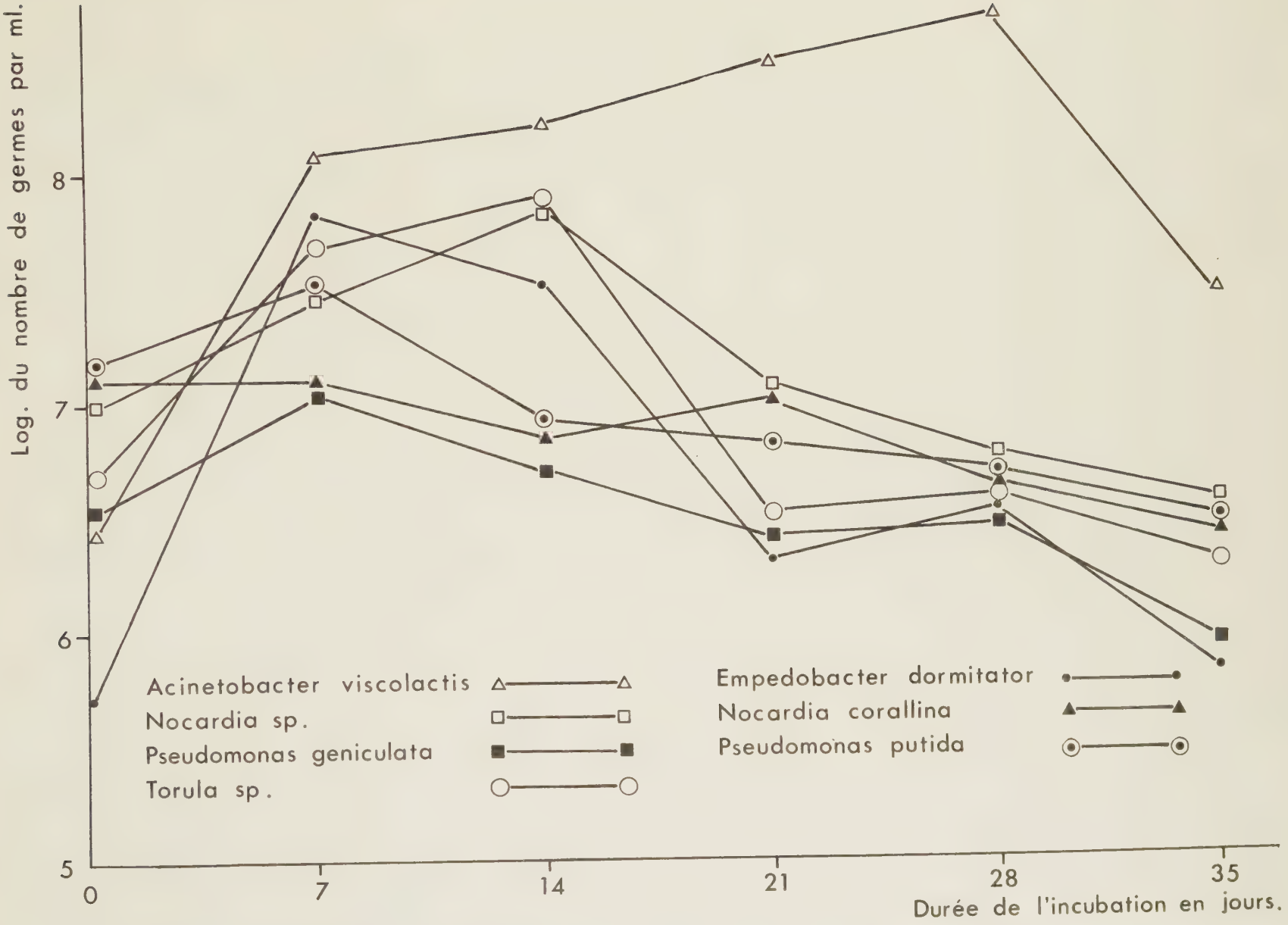


Figure 35 - Courbes de croissance des micro-organismes dégradant les alcali-lignines en absence de glucose.

T A B L E A U X

	n°
- Débits mensuels, en m3, d'eaux résiduaires éliminées par épandage	1
- Indices de coloration de l'effluent	2
- Oxydabilité de l'effluent	3
- Teneur en sodium de l'effluent	4
- Hauteurs d'eau mensuelles	5
- Températures moyennes mensuelles en °C	6
- Variations de pH dans les eaux des différents puits	7
- Variations de la coloration des eaux prélevées dans les différents puits	8
- Oxydabilité des eaux des différents puits	9
- Variations de la teneur en azote dans les eaux des différents puits	10
- Variations de la teneur en sodium en 1964 et 1965	11
- Dispositif expérimental d'infiltration : variations de pH des eaux prélevées aux différents niveaux en fonction du temps	12
- Dispositif expérimental d'infiltration : variations de coloration des eaux prélevées aux différents niveaux en fonction du temps	13
- Variations de la microflore totale dans les eaux des différents puits	14
- Moyennes annuelles de germes sulfato-réducteurs	15
- Répartition des espèces en fonction de la demande chimique en oxygène des eaux	16
- Cultures aérées de 7 jours sur milieu tamponné,à 5 ‰ de glucose et à 2 ‰ d'azote	17-18
- Cultures de 7 jours sur milieu aéré, tamponné,à 2,5 ‰ de glucose et à 2 ‰ d'azote	19-20
- Cultures aérées de 7 jours sur milieu tamponné,à 1 ‰ de glucose et à 2 ‰ d'azote	21
- Cultures aérées de 45 jours en absence de glucose (N 2 ‰)	22
- Cultures aérées de 45 jours en absence de glucose (N 2 ‰) sur lignines extraites de liqueurs noires du lessiveur	23
- Souches associées : cultures aérées de 35 jours, sur milieu sans glucose (N 2 ‰)	24
- Cultures aérées de 35 jours sur milieu sans glucose (N 2 ‰) ; à ces cultures ont été ajoutées *Pseudomonas geniculata* le 7e jour et *Pseudomonas putida* le 22e jour	25-26

F I G U R E S

n°

- Pouvoir auto-épurant d'une rivière 1
- Profil schématique du sol du terrain d'épandage 2
- Premier dispositif d'épandage utilisé (20 août 1959) 3
- Second dispositif d'épandage (novembre 1959 - juin 1964) 4
- Dispositif d'épandage utilisé à partir de 1964 5
- Dispositif d'épandage par irrigation 6
- Bilan des eaux reçues mensuellement par le dispositif d'épandage 7
- Variations du pH suivant la ligne des puits 7 et dans les eaux du puits 11 8
- Evolution du pH suivant la ligne des puits 3 9
- Evolution du pH suivant la ligne des puits 5 10
- Variations de coloration de l'effluent et des eaux prélevées dans les puits 7 et 18 11
- Variations de coloration des eaux prélevées dans les puits 21, 7D et 7E 12
- Evolution de la coloration suivant la ligne des puits 3 13
- Evolution de la coloration suivant les lignes des puits 5 et D 14
- Evolution de l'oxydabilité de l'effluent et suivant la ligne des puits 7 15
- Evolution de l'oxydabilité suivant la ligne des puits 3 16
- Evolution de l'oxydabilité au niveau des puits 5C, 5D et 1D 17
- Répartition de la D.C.O. des eaux dans le sol, en 1962 18
- " " 1963 19
- " " 1964 20
- " " 1965 21
- " " 1967 22
- " " 1970 23
- Progression des eaux colorées dans le sol 24
- Colonnes de terre réalisées pour l'étude des interactions sol-effluent 25

n°

- Variations de la coloration des extraits humo-ligniques de sols, soumis ou non à l'irrigation et prélevés à différentes profondeurs 26
- Spectres d'absorption d'alcali-lignines en lumière ultra-violette 27
- Variations de l'oxydabilité et de la coloration dans les eaux des puits 1D, 3B et 3D 28
- Variations de la teneur en azote et de la coloration dans les eaux des puits 3D et 5D 29
- Evolution de la microflore totale suivant la ligne des puits 7 30
- Variations de la microflore totale en fonction de la profondeur dans les eaux des puits 18 31
- Evolution de la microflore totale suivant la ligne des puits 3 32
- Evolution de la microflore totale au niveau des puits 5 et D 33
- Pourcentages de perte de D.C.O. des alcali-lignines en fonction de la teneur en glucose du milieu de culture 34
- Courbes de croissance des micro-organismes dégradant les alcali-lignines en absence de glucose 35